

NOSITEL  
VYZNAMENÁNÍ  
ZA BRANNOU  
VÝCHOVU  
I. A II. STUPNĚ



ŘADA PRO KONSTRUKTÉRY

ČASOPIS PRO ELEKTRONIKU  
A AMATÉRSKÉ VYSÍLÁNÍ  
ROČNÍK XXXVII/1988 ●● ČÍSLO 5

V TOMTO SEŠITĚ

ČSVTS..... 161  
**ELEKTRONIKA PRO HIFI KLUBY,  
HUDEBNÍ SOUBORY  
A DISKOTÉKY**

1. Úvod .....	162
2. Mikrofony .....	162
Rozdělení mikrofonů .....	163
Tuzemské mikrofony .....	164
Zahraniční mikrofony .....	166
Měřicí mikrofon .....	168
3. Sluchátka .....	170
Tuzemská sluchátka .....	170
Zahraniční sluchátka .....	171
4. Reprodukory .....	172
Tuzemské typy .....	172
Zahraniční typy .....	172
5. Reproduktorové soustavy pro diskotéky .....	175
6. Reproduktorové soustavy pro hudební soubory .....	177
7. Ozvučování .....	181
8. Obvody pro kytary .....	182
Fázovač, omezovač, ekvalizér .....	182
Kytarové varhany .....	184
Předzesilovač, wah-wah .....	186
Kytarový box .....	187
9. Elektronické bicí nástroje .....	188
10. Předzesilovače, směšovače, zesilovače ..	190
Zesilovač 200 W .....	195
Konstrukční část (Běžící světlo, Barevný doprovod, Tříhlasá síréná, Bezdrátový mikrofon, Monitor VKV) .....	197
Inzerce .....	199

**AMATÉRSKÉ RADIO ŘADA B**

Vydává ÚV Svazarmu ve vydavatelství NAŠE VOJSKO, Vladislavova 26, 133 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7. Šéfredaktor ing. Jan Klábal. Redakční radu řídí ing. J. T. Hyán. Redaktor L. Kalousek, OK1FAC. Redakce Jungmannova 24, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51-7, šéfredaktor linka 354, redaktor linka 353, sekretářka linka 355. Ročně vyjde 6 čísel. Cena výtisku 5 Kčs, pololetní předplatné 15 Kčs. Rozšiřuje PNS, v jednotkách ozbrojených sil vydavatelství NAŠE VOJSKO, administrace Vladislavova 26, Praha 1. Objednávky přijímá každá pošta i doručovatel. Objednávky do zahraničí vyřizuje PNS, ústřední expedice a dovoz tisku, závod 01, Kalkova 9, 160 00 Praha 6. Tiskne NAŠE VOJSKO, n. p., závod 08, 160 05 Praha 6, Vlastina ulice č. 889/23. Za původnost a správnost příspěvku odpovídá autor. Návštěvy v redakci a telefonické dotazy po 14. hodině. Číslo indexu 46 044.

Toto číslo má vyjít podle plánu 13. 10. 1988.  
© Vydavatelství NAŠE VOJSKO.

## ČESKOSLOVENSKÁ VĚDECKOTECHNICKÁ SPOLEČNOST

Československá vědeckotechnická společnost je jednou z organizací Národní fronty ČSSR, jejíž význam od vzniku v roce 1955 stále stoupá, stejně jako počet jejích členů, který dosáhl v letošním roce čísla většího než 700 000 (individuální členové), popř. většího než 6800 (kolektivní členové). ČSVTS rozvíjí svou činnost pod vedením KSČ a zaměřuje se zejména na realizaci úkolů stanovených sjezdy KSČ a zasedáními jejího ÚV. Činnost ČSVTS se rozvíjí za podpory Národní fronty a jak federální, tak i národních vlád ČSSR, úloha orgánů ČSVTS i poboček při rozvíjení vědeckotechnického pokroku je zakotvena i v zákonu o státním podniku.

VII. sjezd ČSVTS, který se konal začátkem září, zhodnotil dosavadní činnost organizace jako vcelku pozitivní, ovšem se zřetelem na probíhající přestavbu hospodářského mechanismu rozhodl o nutnosti promyšlené inovace poslání i činnosti ČSVTS; jako základní náplň činnosti všech členů, orgánů a organizací ČSVTS určil aktivní, iniciativní a tvůrčí účast na komplexní přestavbě československé socialistické společnosti, na přestavbě hospodářského mechanismu a všestranném rozvoji socialistické demokracie, na urychlení hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR, na intenzivním rozvíjení vědeckotechnických poznatků a jejich zavádění do praxe. Sjezd rozhodl, že program činnosti ČSVTS musí být programem účasti ČSVTS na urychlení hospodářského a sociálního rozvoje ČSSR, její účasti v přechodu od dosavadního k novému systému řízení a k intenzivnímu rozvoji národního hospodářství. Program však musí zůstat současně otevřeným dokumentem, který bude doplňován o nové úkoly, které vzniknou v procesu přestavby i při přípravě a plnění úkolů 9. pětiletky.

VII. sjezd projednal úkoly ČSVTS, určené základními dokumenty, jimiž jsou: Hlavní směry hospodářského a sociálního rozvoje na léta 1986—1990 s výhledem do roku 2000, Komplexní program vědeckotechnického pokroku členských zemí RVHP do roku 2000, dokumenty o přestavbě hospodářského mechanismu, zákon o státním podniku, o družstevnictví apod. a vzhledem k tomu, že prvořadý význam bude mít i nadále vědeckotechnický pokrok, určil, že je nutná orientace členů ČSVTS, jejích orgánů i organizací na

- urychlené zavádění výsledků vědy a techniky do praxe,
- zvyšování produktivity práce a efektivnosti, vyjádřené úsporami živé i zhmotnělé práce,
- růst kvality, technicko-ekonomických parametrů technologií, zařízení i veškeré produkce i činnosti řady nevýrobních sfér,
- ekologizaci, tj. péči o tvorbu a ochranu životního prostředí, včetně bezpečnosti, kultury a hygieny práce.

Tyto základní úkoly je pak třeba zabezpečovat především využitím elektronizace národního hospodářství, komplexní automatizací, rozvojem jaderné energetiky, vývojem nových druhů materiálů a technologií a konečně rozvojem a využitím biotechnologií. Jde tedy o to, zajistit vyvážené spojení odborného vzdělání a výměny zkušeností

a získávat politické a ekonomické znalosti na jedné straně a v praxi řešit konkrétní aktuální problémy přestavby, vědecké a technické úkoly a realizovat je na straně druhé. Zvláště výrazně vystupuje v této době nutnost vysoké úrovně odborných znalostí, které se nedají nahradit ani obětavostí, ani politickým uvědoměním. Jen odborné znalosti však také nestačí, nikdo, kdo nemá dost odvahy a vytrvalosti při prosazování nového či dostatek společenského uvědomění a socialistické morálky, nemůže být mnoho platný, i kdyby byl vynikající odborník, všichni si musí být vědomi širších souvislostí, politických, ekonomických a dalších aspektů dnešního rozvoje vědy a techniky, aby byli odborně i občansky na úrovni. Prvořadou pozornost je tedy třeba věnovat oběma stránkám činnosti ČSVTS — získávání nových znalostí a poznatků i řešení a realizaci konkrétních úkolů.

VII. sjezd zdůraznil i nutnost rozvíjet všechny zdroje iniciativy a tvůrčí činnosti pracujících a to v souvislosti s dalším rozšířením a zkvalitněním socialistické demokracie. Je nutné dbát na to, aby byly důsledně uplatňovány základní demokratická a společenská pravidla a normy činnosti ČSVTS, zakotvené ve stanovách. Kromě toho je si třeba uvědomit, že skutečně a neformálně uplatňování demokracie je podmíněno plnou a kvalifikovanou informovaností, aby se všichni mohli rozhodovat na základě podrobných, úplných a objektivních informací, na základě jejich analýzy a pochopení. S těmito a dalšími problémy v této oblasti je třeba se v dalším období vyrovnat, odstranit všechny nedostatky a zajistit, aby i organizační uspořádání ČSVTS odpovídalo novým poměrům. Je však třeba zdůraznit, že další rozšíření a prohloubení demokratického stylu práce ČSVTS nelze považovat za samoučelné, neboť nejde o diskusi pro diskusi, o formální dodržování pravidel a směrnic, o vykazování organizací, v nichž se konaly tajné volby atd., ale o to, aby demokratizací byla vytvořena základní podmínka pro aktivní účast pracujících na řízení a správě, na tvůrčí realizaci plánů a úkolů ČSVTS, na dosažení souladu mezi činy a slovy, aby byly vytvořeny podmínky k podstatné aktivizaci činnosti celé československé vědeckotechnické společnosti.

VII. sjezd ČSVTS rozhodl také o změnách ve formách a metodách činnosti, které ve svém souhrnu tvoří systém politickovychovné a odborné činnosti ČSVTS. A to tak, že je třeba politickovychovnou činností organizace působit k rozvoji nového myšlení v syntéze politicko-společenských, odborných a kadrových hledisek, zvláště pak ve vztahu k iniciativě pracujících. Hlavním nástrojem na tomto poli aktivty zůstávají moderní metody rozvíjení iniciativy, formulované v zásadách a směrech Pražské výzvy, při jejímž vzniku měla ČSVTS důležité místo (viz AR A1/86, str. 3). Pražskou výzvu charakterizuje systémový přístup v práci s technickou inteligencí, který je nutno dále rozvíjet, aktualizovat a současně, což je zvláště nyní velmi důležité, bránit proti byrokratickým a formálním přístupům.

Jako způsob, jak zajistit efektivnost činnosti organizace v tomto směru.

doporučil sjezd každoročně posuzovat a projednávat hlavní výsledky činnosti i aktuální úkoly na celostátních aktivech funkcionářů ČSVTS.

Pokud jde o odbornou činnost organizace, musí vycházet z potřeb podniků, okresů a krajů a především z celospolečenských zájmů a zabezpečovat bezprostřední přenos poznatků naší i zahraniční vědy a techniky do praxe; musí pokračovat v dosavadní činnosti — v účinné podpoře tvorby

i plnění plánů rozvoje vědy a techniky, programu základního výzkumu a úkolů ekonomického výzkumu. Znamená to výrazněji se orientovat na potřeby praxe, na růst produktivity, na snížení spotřeby materiálů, energie a surovin, na podstatné zvýšení kvality výroby a výrobků, urychlené využívání poznatků vědy a techniky, zdokonalování organizace práce a řízení, na tvorbu a ochranu životního prostředí a bezpečnost při práci. ČSVTS se současně

musí stát organizací bližší zájmům vynálezců a zlepšovatelů, podporovat je, pomáhat jim odborně a metodicky v poradenských a konsultačních střediscích a v realizačních dílnách, předávat jim nové technické poznatky. Je třeba i rozšířit činnost v racionalizačních dílnách, podněcovat jejich zákládání a jejich vybavení odpovídající technikou atd.

(Pokračování)

# ELEKTRONIKA PRO HIFI KLUBY, HUDEBNÍ SOUBORY A DISKOTÉKY

Ing. Jaroslav Bárta, Vladimír Němec

**S neustále rostoucími požadavky na technické vybavení hifi klubů, hudebních souborů apod. rostou též požadavky na znalosti spojené nejen s výběrem jednotlivých částí elektroakustického řetězce, ale i s jejich správným propojením a používáním. Proto je nutné seznámit se se základními vlastnostmi a parametry jednotlivých částí tohoto řetězce. To se týká např. nejen zvukových techniků, ale i interpretů (mikrofon ve správné vzdálenosti apod.).**

## 1. Úvod

Autoři se pokusili na dalších stránkách osvětlit technickou problematiku spojenou s elektroakustikou. Čtenáři v tomto čísle AR řady B najdou informace o elektroakustických měničích a jejich používání (mikrofony, sluchátka, reproduktory), reproduktorových soustavách, ozvučování uzavřených a volných prostorů, elektronických obvodech pro kytaru, elektronických bicích nástrojích, směšovačích, výkonových zesilovačích a světelných efektech.

V textu zájemci dále naleznou popis vybraných tuzemských i zahraničních elektroakustických výrobků. Na závěr uvádíme několik návodů na zajímavá doplňková zařízení.

## 2. Mikrofony

Mikrofon přeměňuje akustickou energii, která na něj dopadá, na energii elektrickou. Snímá tedy akustický signál z akustického pole, které jej obklopuje a tento signál mění na odpovídající signál elektrický. Jde tedy o akustický přijímač. Mikrofonům musí být věnována velká pozornost, neboť nesprávně sejmутý signál již není možno opravit — úpravy signálu slouží pouze k dosažení určitého estetického účinku nebo k dosažení určitého zvukového záměru. Znalost vlastností mikrofonu spolu se správnou aplikací jsou první podmínkou úspěchu. Pro popis jejich vlastností je třeba si osvětlit některé základní pojmy a technické parametry, u nich udávané.

### 2.1 Základní pojmy a technické parametry

**Akustická osa mikrofonu** je u rotačně symetrických mikrofonů obvykle totožná s jeho geometrickou osou. U ostatních mikrofonů je určena výrobcem a to zpravidla ve směru maximální citlivosti.

**Referenční bod mikrofonu** je průsečík osy mikrofonu s plochou jeho akustického vstupu. U jednotek s větším počtem vstupů se uvažuje hlavní vstup, který bývá označen výrobcem.

**Vnitřní elektrická impedance** mikrofonu je elektrická impedance měřená na výstupních svorkách mikrofonu, umístěného ve volném akustickém poli.

**Jmenovitá zatěžovací impedance** je zatěžovací impedance stanovená výrobcem (je volena tak, aby přenosové vlastnosti mikrofonu byly optimální).

**Kapacita mikrofonu** je vnitřní kapacita elektrostatického nebo piezoelektrického mikrofonu, měřená přímo na jeho výstupních svorkách, je-li mikrofon umístěn ve volném prostoru.

**Kmitočtová charakteristika** je kmitočtová závislost výstupního napětí mikrofonu (např. jeho hladiny) při konstantním budícím akustickém tlaku, znázorněná nejčastěji graficky. Budícím akustickým tlakem se při umístění mikrofonu ve volném akustickém poli rozumí akustický tlak v místě, v němž při měření bude umístěn referenční bod mikrofonu. Pokud není uvedeno jinak, rozumí se, že je mikrofon umístěn v rovinném akustickém poli.

**Nerovnoměrnost kmitočtové charakteristiky** je rozdíl max. a min. citlivosti v uvažovaném kmitočtovém rozsahu (v dB).

**Citlivost mikrofonu,  $\eta$** , je poměr výstupního napětí mikrofonu k akustickému tlaku, který toto napětí vybudil. Obvykle se udává v mV/Pa,

$$\eta = \frac{U}{P} \quad [\text{mV/Pa; mV, Pa}].$$

**Citlivost mikrofonu ve volném akustickém poli** je citlivost vztahovaná k akustickému tlaku nerušeného akustického pole v místě hlavního vstupu mikrofonu (rozumí se akustický tlak, jaký by byl v místě vstupu mikrofonu, kdyby tento mikrofon byl z akustického pole odstraněn), pro daný směr šíření akustických vln.

**Tlaková citlivost mikrofonu,  $\eta_p$** , je citlivost vztahovaná ke skutečnému akustickému tlaku na hlavním vstupu mikrofonu.

**Citlivost mikrofonu v difúzním poli,  $\eta_{dif}$** , je citlivost při ozvučení mikrofonu ideálním difúzním polem (vlnoplochy nejsou definovány a směry šíření jsou v každém bodě náhodně rozloženy).

**Citlivost mikrofonu při hovoru zblízka** je citlivost mikrofonu ozvučeného umělými ústy ve výrobce předepsané vzdálenosti a akustickém tlaku (např. 2 cm a 94 dB).

**Mezní akustický tlak** je největší akustický tlak, při němž ještě nebude mít výstupní signál mikrofonu větší než dané zkreslení.

**Směrová charakteristika** je závislost citlivosti mikrofonu na úhlu, který svírá akustická osa mikrofonu se směrem šíření postupujících akustických vln. Udává se obvykle při ozvučení rovinnou akustickou vlnou ve vodorovné rovině. Může mít tvar

a) **kulový**: Mikrofon s touto směrovou charakteristikou je při nízkých a středních kmitočtech (od 40 Hz asi do 2 kHz) všesměrový, tzn., že je jeho citlivost v uvedeném pásmu pro všechny směry stejná. Pro vyšší kmitočty se stává mikrofonem jednostranně směřovaným, což je způsobeno deformací akustického pole rozměry mikrofonu (vlnová délka je srovnatelná s rozměry mikrofonu). Kulová charakteristika může být vytvořena jediné tlakovým mikrofonem (gradientní mikrofon 0. řádu);

b) **osmičkový**: Tato charakteristika může být vytvořena rychlostním mikrofonem (gradientním mikrofonem 1. řádu). Citlivost je stejná ze dvou protilehlých stran (0° a 180°). Směrová charakteristika zachovává svůj tvar — osmičku — při signálech téměř všech kmitočtů;

c) **kardioidní**: Kombinací předěšlých dvou typů (tlakového a rychlostního) lze dosáhnout směrové charakteristiky kardioidní. Mikrofony s touto charakteristikou jsou citlivé převážně na akustické vlny přicházející zepředu. Pro vlny dopadající z protisměru jsou vždy méně citlivější;

d) **hyperkardioidní**: Vzniká při přechodu charakteristiky kardioidní na osmičkovou;

e) **směrový**: Směrová charakteristika tohoto typu mikrofonu je velmi úzká. Mikrofony s touto charakteristikou dosahují, zvláště v oblasti vysokých kmitočtů, velkého činitele směrovosti.

Příklady směrových charakteristik mikrofonů jsou na obr. 1.

**Činitel směrovosti  $Q$**  je poměr čtverce výstupního napětí daného mikrofonu, dopadající na jeho vstup akustická vlna postupující ve směru jeho osy, ku čtverci výstupního napětí při téže akustickém tlaku, je-li mikrofon umístěn v difúzním poli. Jeho velikost lze také určit integrací ze směrové charakteristiky. Jako základ byl zvolen mikrofon s kulovou směrovou charakteristikou a jeho činitel smě-

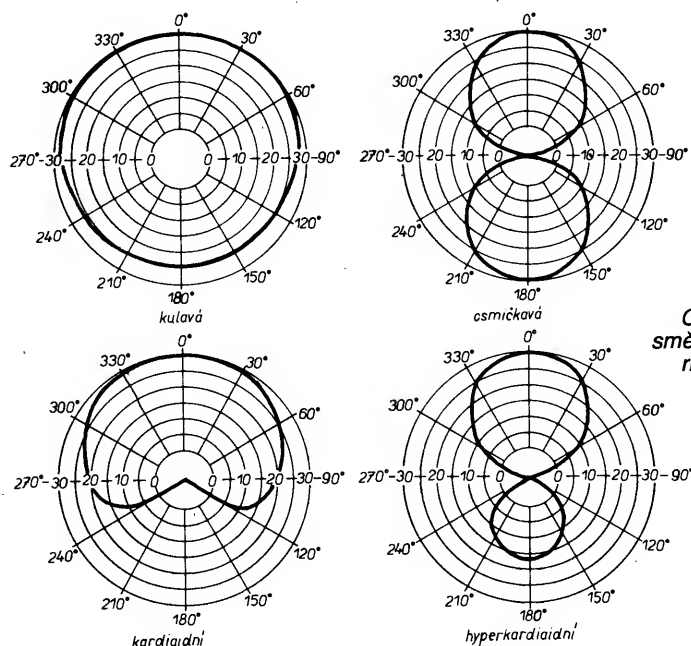
Omylem byly shodně očíslovány desky s plošnými spoji v AR B2 a B4/88, proto při objednávce desek kromě čísla uveďte vždy i číslo AR, z něhož desku objed-

### UPOZORNĚNÍ

návejte, nebo uvádějte správné označení desek (AR B4/88): deska W211 ze str. 136 má být správně W214, deska W212 ze str.

142 má být správně W215 a konečně deska W213 ze str. 142 má být správně W216.

Za uvedený omyl se redakce čtenářům omlouvá.



Obr. 1. Příklady směrových charakteristik mikrofonů

Tab. 1. Směrové vlastnosti mikrofonů

Charakteristika	kulová	osmičková	kardioidní	hyperkardioidní	úzce směrová
Typ mikrofonu	tlakový	rychlostní	kombinovaný	kombinovaný	gradientní 2. řádu
rovnice směrové charakteristiky	$k$	$k \cdot \cos \theta$	$k \cdot (0,5 + 0,5 \cos \theta)$	$k \cdot (0,25 + 0,75 \cos \theta)$	$k \cdot (0,5 + 0,5 \cos \theta) \cdot \cos \theta$
Činitel směrovosti	1	3	3	4	7,5

rovosti byl určen 1. Ostatní směrové charakteristiky mají činitel směrovosti větší. Činitele směrovosti mikrofonů a rovnice směrové charakteristiky pro různé typy mikrofonů jsou v tab. 1.  
Index směrovosti,  $I_G$ , je činitel směrovosti, vyjádřený v dB

$$I_G = 10 \log Q_t \quad [\text{dB}]$$

Předozadní poměr citlivosti kardioidního mikrofonu (při otočení o  $180^\circ$ ) je poměr výstupního napětí mikrofonu ozvučeného zepředu akustickou vlnou postupující ve směru jeho osy a výstupního napětí při ozvučení téhož mikrofonu, dopadá-li na něj akustická vlna, svírající s osou úhel  $180^\circ$ , vyjádřený v dB.

Ekvivalentní hladina šumu,  $h_s$ , je hladina akustického tlaku akustické vlny postupující ve směru osy mikrofonu, která vybudí na výstupu mikrofonu o (kmitočtové) střední citlivosti  $\eta_s$  stejné efektivní výstupní napětí  $U_s$ , jaké vznikne na výstupních svorkách téhož mikrofonu, je-li uzavřen v dokonale tichém bezdovukovém prostoru. Obvykle se vychází z šumového napětí, váženého filtrem s přenosovou charakteristikou odpovídající váhové křivce A.

## 2. 2 Rozdělení mikrofonů

Mikrofony lze rozdělit podle směrových charakteristik (viz obr. 1), druhů akustických přijímačů a podle použitých elektromechanických převodníků. Rozdělení mikrofonů podle uvedených zásad je v tab. 2. Na základní akustické vlastnosti mikrofonu (tedy na jeho směrovou charakteristiku v rovině i kulovém akustickém poli) má rozhodující vliv druh přijímače. Zmíněné vlastnosti nezávisí na použitém elektromechanickém převodníku.

Vedle uvedeného rozdělení je možné mikrofony dále rozdělit na membránové a bezmembránové. U membránových mikrofonů působí akustické pole na membránu, jejíž pohyb se přenáší přes spojovací prvek na

elektromechanický převodník. U mikrofonů bezmembránových působí akustické pole přímo na činnou část elektromechanického převodníku. Typickým zástupcem membránových mikrofonů je elektrodynamický cívkový mikrofon, zástupcem bezmembránového mikrofonu je elektrodynamický mikrofon páskový.

Gradientní mikrofony jsou charakterizovány tím, že jejich výstupní napětí je úměrné 2. derivaci akustického tlaku  $p$  podle souřadnice uvažované ve směru šíření akustické vlny. Společnou vlastností těchto mikrofonů je, že jejich rozměry jsou menší než délka vlny přijímaného signálu. Pokud je tato podmínka splněna, jsou jejich vlastnosti na kmi-

Tab. 2. Rozdělení mikrofonů

I. Podle elektromechanických převodníků		
Reciproké měniče		Nereciproké měniče
elektrodynamické (cívkové, páskové) elektromagnetické elektrostatické elektretové piezoelektrické		uhlíkové polovodičové tepelné
II. podle druhu akustických přijímačů		
Podle řádu derivace	Podle řídicí veličiny	Podle směrové charakteristiky
gradientní 0. řádu gradientní 1. řádu kombinované 0. a 1. řádu	tlakové rychlostní	kulové osmičkové kardioidní hyperkardioidní úzce směrové potlačující hluk
gradientní vyšších řádů		
III. Podle počtu použitých jednotek		
dvoupásmové		kardioidní hyperkardioidní úzce směrové

točtu nezávislé. Většina běžně vyráběných mikrofonů pracuje v oblasti nízkých kmitočtů jako gradientní akustické přijímače, v oblasti vysokých kmitočtů (jejich rozměry srovnatelné s délkou vlny) jako mikrofony vlnové.

## 2. 3 Mikrofony tlakové

Výstupní napětí tohoto druhu mikrofonů je úměrné nulté derivaci akustického tlaku podle souřadnice ve směru šíření akustické vlny, tedy přímo akustickému tlaku, a kmitočtový průběh nezávisí na vzdálenosti od zdroje signálu. Mají kulovou směrovou charakteristiku, které odpovídá činitel směrovosti jedna. To znamená, že citlivost mikrofonu je stejná jak při rovinné vlně, tak v difúzním akustickém poli. Tlakový mikrofon má uvedené vlastnosti, pokud jeho rozměr je menší než délka vlny přijímaného signálu. Pokud je délka vlny přijímaného signálu srovnatelná nebo menší než vstupní část mikrofonu, zvětšuje se akustický tlak na vstupu mikrofonu a deformuje se původní všesměrová (kulová) směrová charakteristika. Při dopadu akustických vln ze strany pod úhlem  $90^\circ$  tento jev u některých druhů mikrofonů nevznikne. To má za následek, že má-li tlakový mikrofon při ozvučení zepředu ve směru osy kmitočtově nezávislý průběh citlivosti, při dopadu akustických vln ze strany pod úhlem  $90^\circ$  nastává úbytek vysokých kmitočtů. To lze odstranit vhodnou volbou akustických obvodů ve vstupní části mikrofonu.

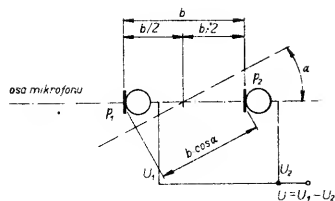
Další významnou vlastností tlakových mikrofonů je i jejich poměrně malá citlivost na vliv proudícího vzduchu, což je důležité pro snímání signálů ve volném prostoru (venku). Tuto citlivost lze ještě zmenšit, opatříme-li tlakový mikrofon krytem (ve tvaru koule) z molitanu. Kryt velmi podstatně zmenší hluk vznikající prouděním vzduchu okolo mikrofonu.

U tlakového mikrofonu elektrostatického, popř. elektretového, lze jednoduchým způsobem stanovit absolutní citlivost a kmitočtový průběh. Z těchto důvodů se používají jako měřicí mikrofony.

## 2. 4 Mikrofony rychlostí (gradientní mikrofony 1. řádu)

Výstupní napětí gradientního mikrofonu prvního řádu je úměrné první derivaci akustického tlaku podle směru šíření akustického signálu, které je

$$U = \frac{\delta p}{\delta x} \sim v,$$



Obr. 2. Schématické znázornění gradientního mikrofonu 1. řádu

tedy úměrné akustické rychlosti v zvukového pole. Tento druh mikrofonu si můžeme představit jako soustavu dvou stejných tlakových mikrofonů o citlivosti  $\eta$ , vzdálených od sebe o délku  $b$  (obr. 2.). Výstupy mikrofonů jsou zapojeny tak, aby se výsledné napětí rovnalo rozdílu výstupních napětí obou jednotek, jejichž citlivost je stejná

$$U = U_1 - U_2 = (p - p_2) = \Delta p.$$

Z rovnice vyplývá, že výstupní napětí  $U$  se také rovná rozdílu akustických tlaků v referenčních bodech dílčích mikrofonů. Směrová charakteristika je při  $b \ll \lambda$  osmičková.

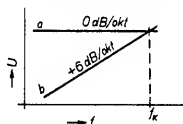
Pro oblast nízkých kmitočtů, kdy jde o kulovou vlnu  $\lambda \gg 2\pi x$ , nezávisí výstupní napětí na kmitočtu (je-li použit výchylkový elektro-mechanický měnič a jde-li o bodový zdroj) a platí tedy

$$U = \frac{b}{x} \quad p \cos \alpha = p.$$

Pro větší vzdálenost a vyšší kmitočty, kdy  $\lambda \ll 2\pi x$ , tedy pro rovinnou akustickou vlnu působící na mikrofon, roste výstupní napětí s kmitočtem

$$U = \eta \Delta p = \eta p k b \cos \alpha = \eta p 2\pi \frac{b}{\lambda}.$$

Uvedené závislosti jsou na obr. 3. Ze srovnání obou případů je zřejmé, že citlivost gra-



Obr. 3. Kmitočtové průběhy gradientního mikrofonu 1. řádu; a) v kulovém akustickém poli, b) v rovině akustické vlně

dientního mikrofonu je v kulovém akustickém poli větší než v rovinném. Poměr obou citlivostí je tím větší, čím větší je zakřivení vlnoplochy. Od kmitočtu  $f_k$ , při němž  $k_x = \frac{2\pi}{\lambda} = 1$ , který závisí na vzdálenosti mikrofonu od zdroje, se přestává vliv zakřivení vlnoplochy uplatňovat.

Lze dokázat, že výstupní napětí každého gradientního mikrofonu prvního řádu je v oblasti kmitočtů, kdy  $b \ll \lambda$ , úměrné akustické rychlosti v vzduchových částicích. Jako rychlostní mikrofon může pracovat každý gradientní mikrofon prvního řádu, je-li opatřen obvodem (na akustické nebo elektrické straně) ovlivňujícím jeho kmitočtový průběh tak, aby výstupní napětí nezáviselo v dané oblasti na kmitočtu.

Rychlostní mikrofon bez jakýchkoli akustických nebo elektrických úprav lze použít pro přenos zvuku za podmínky, že je akustický zdroj dostatečně vzdálen od mikrofonu a akustická vlna je rovinná. Například připustíme-li na dolním mezním kmitočtu mikrofonu vzestup kmitočtové charakteristiky o 3 dB, musí být vzdálenost zdroje a mikrofonu

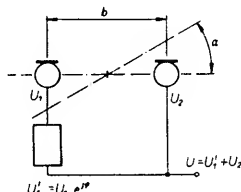
$$x_k = \frac{\lambda}{2\pi}$$

což pro kmitočet 50 Hz reprezentuje vzdálenost 1,1 metru. Bude-li vzdálenost mikrofonu od zdroje menší, musíme mikrofon opatřit korekčními obvody (akustické nebo elektrické), aby výsledná kmitočtová charakteristika byla vyrovnaná.

## 2. 5 Mikrofony se směrovanou charakteristikou

V praxi se mikrofony se směrovanou charakteristikou používá velmi často k potlačení vlivu okolního hluku a vyloučení nepříznivého vlivu nevhodných akustických vlastností prostorů, z nichž se přenos uskutečňuje.

Akustický přijímač se směrovanou charakteristikou vznikne kombinací dvou tlakových přijímačů, z nichž jeden je na svém výstupu opatřen obvodem natáčejícím fázi výstupního napětí, přičemž se výstupní signály obou jednotek sčítají, jak je uvedeno na obr. 4. Je-li velikost fázového posunu vý-



Obr. 4. Základní uspořádní jednotek mikrofonu s kardioidní směrovou charakteristikou

stupního napětí jednoho z takových přijímačů

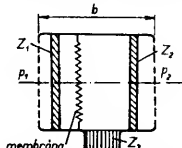
$$\varphi = \frac{b}{c_0} \omega,$$

kde  $b$  je vzdálenost obou jednotek,  $\omega$  úhlový kmitočet a  $c_0$  rychlost zvuku, je výsledná směrová charakteristika soustavy dána výrazem

$$U = \eta \omega \frac{b}{c_0} (1 + \cos \alpha) \quad [V; Pa, VP a^{-1}, s^{-1}, m, ms^{-1}].$$

Výraz  $(1 + \cos \alpha)$  reprezentuje kardioidní směrovou charakteristiku.

Další možností konstrukce mikrofonu se směrovanou charakteristikou (v praxi nejvíce používaná) je kombinovaný mikrofon s je-



Obr. 5. Základní uspořádání kardioidního mikrofonu s jednou membránou

dinou membránou, obr. 5. Pro rychlost membrány v platí základní vztah

$$v = \frac{p}{S} \frac{1}{Z_1 (1 + \frac{Z_2}{Z_3}) + Z_3} \cdot (1 + j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_2}{Z_3} \cos \alpha)$$

za předpokladu, že vzdálenost  $b$  mezi vstupy mikrofonu je značně menší než délka vlny  $\lambda$  a jde o rovinnou vlnu.

Pro kardioidní charakteristiku musí platit podmínka:

$$j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_2}{Z_3} = 1,$$

pro hyperkardioidní charakteristiku

$$j \omega \frac{b}{c_0} \frac{Z_2}{Z_3} = \frac{4}{3}.$$

Mikrofony s kardioidní směrovou charakteristikou patří k nejčastěji používaným mikrofonům pro jejich přijatelně velký činitel směrovosti, málo závislosti na kmitočtu. S ohledem na praktické použití je účelné, aby jejich činitel směrovosti měl požadovanou velikost zejména v oblasti nízkých a středních kmitočtů.

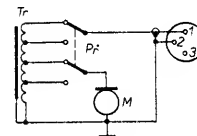
## 2. 6 Tuzemské typy mikrofonů

Jediným výrobcem mikrofonů v ČSSR je k. p. TESLA Valašské Meziříčí. Všechny typy vyráběných mikrofonů mají elektrodynamický cívkový měnič a jejich základní technické parametry a použití je v tab. 3.

Ke snímání zvuku v hudebních souborech (zpěv, nástroje) nebo k uvádění komponovaných pořadů vyhovují mikrofony AMD 215M, AMD 461, AMD 465 a AMD 470. Nyní si podrobněji popíšeme jednotlivé typy:

### AMD 215M

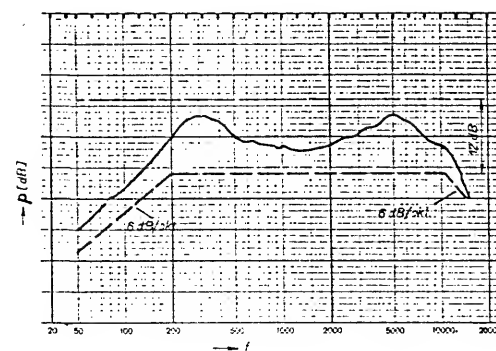
Dynamický mikrofon AMD 215M má kardioidní směrovou charakteristiku. Výstupní impedance je 2000  $\Omega$  (převodní transformátor). Mikrofon je vybaven přepínačem hudeba-řeč. Zapojení mikrofonu je na obr. 6.



Obr. 6. Zapojení mikrofonu AMD 215M

### Technické vlastnosti

Kmitočtový rozsah:	50 až 15 000 Hz.
Toleranční pole kmitočtové charakteristiky:	obr. 7.
Jmenovitá citlivost:	2,6 mV/Pa.
Charakteristická citlivost (ve volném akustickém poli):	2,5 mV/Pa.
Směrová charakteristika:	obr. 8.
Předozadní poměr:	12 dB.
Nejmenší zatěžovací impedance:	6 k $\Omega$ .
Korekce kmitočtové charakteristiky při 50 Hz (poloha „S“):	-10 dB.
Jmenovité výstupní napětí mikrofonu:	0,75 mV.



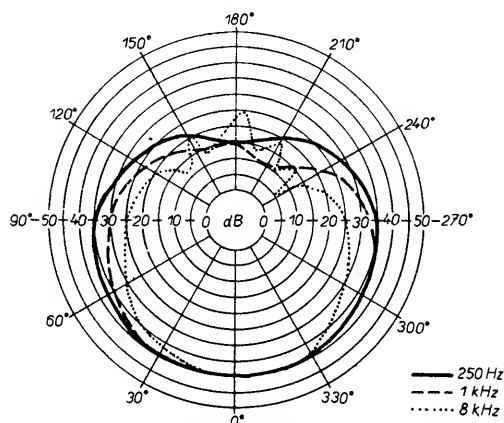
Obr. 7. Toleranční pole a příklad kmitočtové charakteristiky mikrofonu AMD 215M

Pro zachování uvedených technických parametrů doporučuje výrobce mikrofony připojovat do nesymetrických mikrofonních vstupů zesilovače s impedancí minimálně trojnásobně větší než je výstupní impedance mikrofonu. Prodlužovací kabel může mít délku maximálně 10 m.

Tab. 3. Parametry mikrofonů TESLA

Typ	Kmitočtový rozsah [Hz]	Jmenovitá citlivost [mV/Pa]	Vnitřní el. impedance [Ω]	Minimální zatěžovací impedance [Ω]	Směrová charakteristika	Použití
AMD 100L	100 až 12 000	1,0	200	600	kulová	místní rozhlas, ústředny
AMD 203L	80 až 12 000	1,0	200	600	kardioidní	místní rozhlas, magnetofony
AMD 205M	80 až 12 000	3,2	2000	6000	kardioidní	místní rozhlas, magnetofony
AMD 530L	100 až 10 000	0,45	200	600	osmičková	v dopravních prostředcích
AMD 215M	50 až 15 000	2,6	2000	6000	kardioidní	magnetofony, místní rozhlas, hudební soubory
AMD 461N	50 až 15 000	1,2	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení
AMD 465N	30 až 18 000	1,2	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení
AMD 470 <sup>1)</sup>	30 až 18 000	1,0	200	600	kardioidní	hudební soubory, studiová zařízení

<sup>1)</sup> dvoupásmový mikrofon

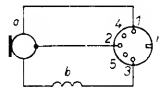


Obr. 8. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 215M

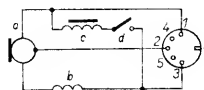
#### AMD 411N a AMD 415N

Dynamické mikrofony AMD 411N a AMD 415N jsou mikrofony s malou impedancí s kardioidní charakteristikou. Jsou dodávány v soupravách pod označením AMD 461 a AMD 465. Soupravy kromě uvedených mikrofonů dále obsahují šňůru, AYM 325, držák, AYM 305 a ochranný kryt, AYM 427.

Výstup mikrofonu je zapojen symetricky (obr. 9 a 10), přes cívku, kompenzující rušivé



Obr. 9. Zapojení mikrofonu AMD 411N

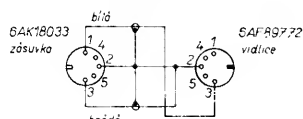


Obr. 10. Zapojení mikrofonu AMD 415N

vlivů vnějších magnetických polí. Mikrofon AMD 415N je vybaven přepínačem, který v poloze „S“ paralelně připojí ke kmitaci cívce další cívku, čímž jsou potlačeny nízké kmitočty. Potlačení je -12 dB na kmitočtu 50 Hz.

Mikrofony je možno bez úpravy přivodní šňůry připojit ke všem druhům zesilovacích zařízení, která mají nesymetrický mikrofonní vstup s budičím (živým) přívodem na kolíku č. 3 a zemnicím přívodem na kolíku č. 2. Zapojení šňůry AYM 325 je na obr. 11.

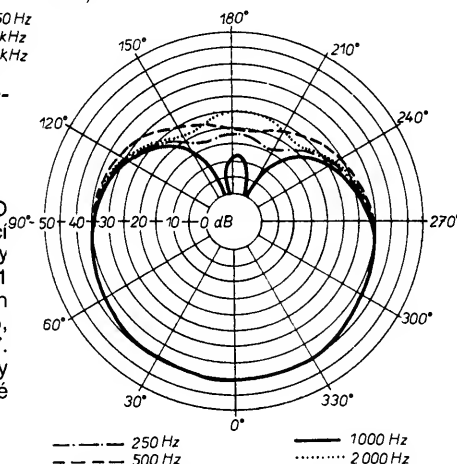
K mikrofonomům je možno použít také stolní stojan, který je dodáván samostatně pod



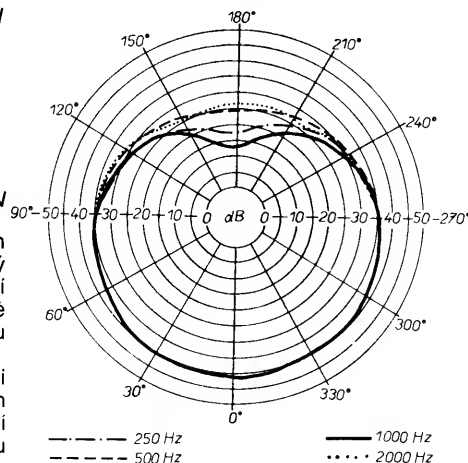
Obr. 11. Zapojení šňůry AYM 325

obchodním označením AYM 460 (není součástí souprav AMD 461 a AMD 465).

Ochranný kryt AYM 427 z pěnového polyuretanu (molitanu) omezuje vznik rušivého hluku, který mohou způsobit prudké nárazy proudu vzduchu na membránu mikrofonu (vítr, „dynamické“ souhlásky při velmi hlasitém hovoru nebo zpěvu z minimální vzdálenosti).



Obr. 12. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 411N



Obr. 13. Směrové charakteristiky mikrofonu AMD 415N

#### Technické vlastnosti mikrofonů

##### Kmitočtový rozsah

AMD 411N: 50 Hz až 15 000 Hz.  
AMD 415N: 30 Hz až 18 000 Hz.

##### Jmenovitá citlivost:

1,2 mV/Pa.

##### Vnitřní elektrická impedance:

200 Ω ± 25 %.

##### Zatěžovací impedance:

min. 600 Ω.

##### Směrové charakteristiky:

obr. 12 a 13.

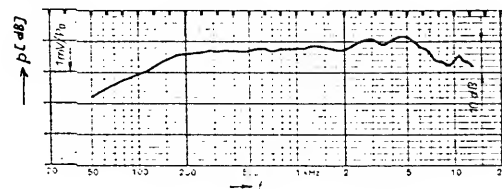
##### Činitel směrovosti:

min. 2,5 do 1 kHz,  
min. 3 nad 1 kHz.

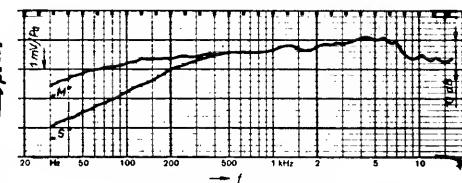
##### Jmenovité výstupní napětí mikrofonu:

0,3 mV.

Příklady kmitočtových charakteristik mikrofonů AMD 411N a AMD 415N jsou na obr. 14 a 15.



Obr. 14. Kmitočtová charakteristika mikrofonu AMD 411N



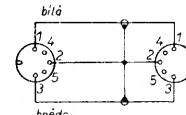
Obr. 15. Kmitočtová charakteristika mikrofonu AMD 415N

#### Použití

Mikrofon AMD 411N je vhodný ke snímání řeči a zpěvu. Pro snímání všech druhů hudebních nástrojů, případně pořizování kvalitních nahrávek je určen mikrofon AMD 415N s přepínačem v poloze „M“. Při snímání řeči a zpěvu doporučujeme přepnout přepínač do polohy „S“.

Dobré směrové vlastnosti a příznivý kmitočtový průběh, které se minimálně liší od udaných typických kmitočtových a směrových charakteristik, umožňují použít současně větší množství těchto mikrofonů při ozvučování hudebních souborů v různých kombinacích.

S ohledem na vybavení těch hudebních skupin, které používají zahraniční zesilovací aparatury a mixážní pulty se symetrickými vstupy, upozorňujeme na přepojení šňůry AYM 325 podle obr. 16.

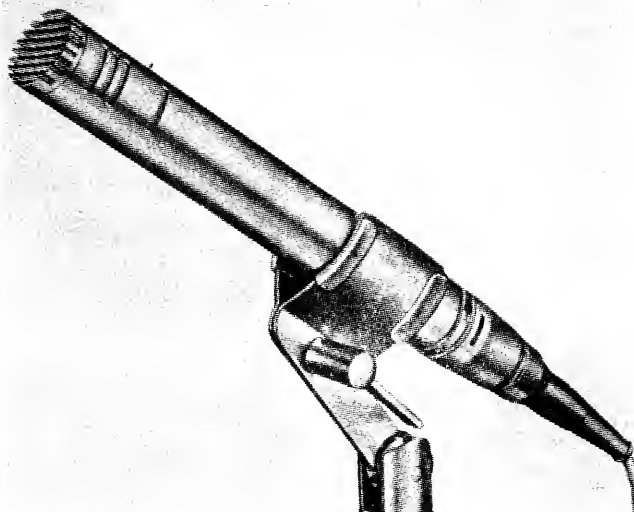


Obr. 16. Přepojení šňůry AYM 325 na symetrický vstup

Pro snazší orientaci v mikrofonech v obchodní síti upozorňujeme, že k. p. TESLA Valašské Meziříčí inovoval mikrofony AMD 100L, AMD 203L, AMD 205M a AMD 215M, které budou postupně nahrazovány typy AMD 206L a AMD 216N. Oba typy mají řadu podobných a shodných konstrukčních dílů, což přispívá k ekonomičnosti výroby.

Dále byl zaveden do výroby dvoupásmový kardioidní mikrofon AMD 470 (označení soupravy). Tento mikrofon by měl vyhovět





Obr. 17. Mikrofon AKG D224

i požadavkům poloprofesionálního použití. Vyznačuje se širokým kmitočtovým rozsahem, poměrně vyrovnanou kmitočtovou charakteristikou a dobrými směrovými vlastnostmi. Souprava obsahuje kromě mikrofonu přívodní šňůru, držák a ochranný kryt proti větru.

## 2.7 Zahraniční typy mikrofonů

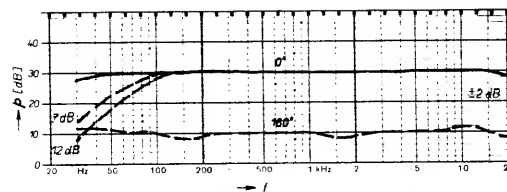
V zahraničí vyrábí mikrofony velký počet firem. Jmenujme alespoň AKG, SHURE, SENNHEISER, ELECTRO-VOICE... V posledních letech se používají téměř u všech mikrofonů pouze dva typy elektroakustických měničů – elektrodynamický cívkový a elektrostatičtý (kondenzátorový).

## 2.8 Mikrofony firmy AKG

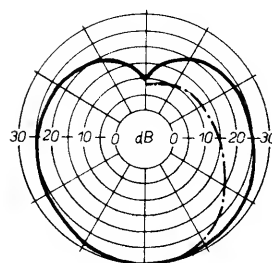
Jedny z nejkvalitnějších mikrofonů vyrábí rakouská firma AKG:

a) *elektrodynamické cívkové.*

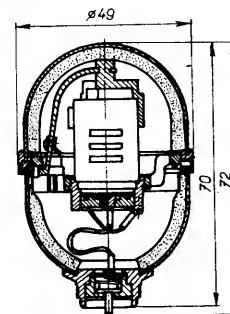
Přehled vyráběných elektrodynamických cívkových mikrofonů a jejich parametrů je v tab. 4. Z celkového počtu jedenácti typů



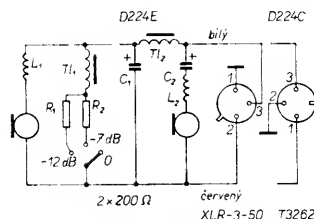
Obr. 19. Kmitočtové a směrové charakteristiky mikrofonu AKG D224



— 125 až 8 000 Hz  
- - - 16 000 Hz



Obr. 20. Konstruktivní uspořádání uložení kondenzátorové vložky Ck 5



Obr. 18. Schéma zapojení mikrofonu AKG D224

jsme vybrali jednoho zástupce, s nímž se nyní blíže seznámíme.

### D 224

Tento typ mikrofonu je sestaven ze dvou elektrodynamických měničů – hloubkového a výškového. Mezi speciální vybavu patří přepínatelný filtr hloubek. Jeho útlum je nastaven na -7 dB nebo -12 dB na kmitočtu 50 Hz. Vzhled mikrofonu je na obr. 17. Jak je vidět z obr. 18, typy E a C se liší pouze zapojením a druhem konektoru. Kmitočtové a směrové charakteristiky jsou na obr. 19.

b) *systém CMS.*

Systém CMS je systém skládající se z mikrofonní kondenzátorové vložky (kapale), předzesilovače a napáječe. Přehled vyráběných vložek a předzesilovačů je v tab. 5. Dále si stručně popíšeme vybranou vložku, předzesilovač a napáječ. Mikrofonní vložka Ck 5

Kondenzátorová mikrofonní vložka Ck 5 se vyznačuje stálostí parametrů s velkou provozní spolehlivostí. Konstruktivní uspořádání uložení vložky je na obr. 20. Citlivost je na 1 kHz 9,5 mV/Pa. Kapacita vložky 27 pF. Kmitočtové a směrové charakteristiky jsou na obr. 21.

Předzesilovač C 451 EB

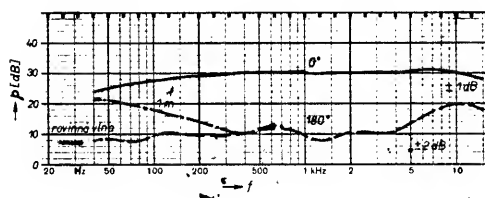
Schéma zapojení tohoto předzesilovače je na obr. 22. Kmitočtový rozsah je 5 až 30 000 Hz  $\pm 0,5$  dB. Impedance  $\leq 20 \Omega$ . Napájecí napětí 9 až 52 V. Šumové efektivní napětí je 3,6  $\mu$ V. Hmotnost je 360 g, rozměry  $\varnothing 18 \times 140$  mm.

Tab. 4. Elektrodynamické mikrofony AKG

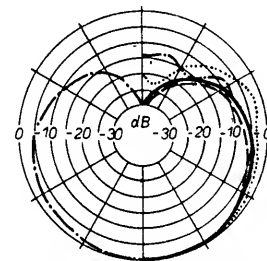
	D 12	D 80	D 125	D 190	D 222	D 224	D 310	D 320	D 321	D 330	D 1200
Směrová charakteristika	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní	hyperkard.	hyperkard.	hyperkard.	kardioidní
Kmitočtový rozsah [Hz]	40 až 15 000	60 až 15 000	60 až 15 000	30 až 16 000	20 až 18 000	20 až 20 000	60 až 18 000	60 až 18 000	40 až 20 000	50 až 20 000	25 až 17 000
Citlivost/1 kHz [mV/Pa]	2,2	1,35	1,9	1,6	1,5	1,3	1,3	1,4	1,4	1,2	2,3
Impedance/1 kHz [ $\Omega$ ]	290	210	210	280	320	260	270	290	300	370	220
Citlivost na brum při 50 Hz [ $\mu$ V/ $\mu$ T]	10/5	35/5	3/5	29/5	3/5	3/5	30/5	3/5	3/5	3/5	29/5
Potlačení nízkých kmitočtů [dB]					0, -6, -12 na 50 Hz	0, -7, -12 na 50 Hz		0, -10, -20 na 50 Hz		0, -15, -25 na 100 Hz	0, -14, -16 na 50 Hz
Ochrana proti větru	vestavěná			vestavěná	vestavěná		vestavěná	vestavěná	vestavěná	vestavěná	vestavěná
Zvláštnosti	velký průměr membrány; zdůraznění hloubek na 100 Hz	přepínač zapnuto/vypnuto		typ D190S vybaven přepínačem zapnuto/vypnuto	dvoupásmový systém oddělení výhybkou s dělicím kmitočtem 250 Hz	dvoupásmový systém oddělení výhybkou s dělicím kmitočtem 150 Hz	dvoudílný ochranný koš typ D 310 S má přepínač zap./vyp.	trojdílný ochranný koš	dvoudílný ochranný koš; kompenzace hloubek	systém kompenzace manipulačního hluku	
Rozměry [mm]	55 x 76 x 140	54 x 185	43 x 178	40 x 161	45 x 205	23 x 195	45 x 190	53 x 185	48 x 186	53 x 185	37 x 152
Hmotnost čistá [g]	580	210	225	180	250	280	240	300	330	340	275

Tab. 5. Systém CMS AKG

Vložky (kapsle)	Ck 1	Ck 1S	Ck 3	Ck 5	Ck 8	Ck 22
Směrová charakteristika	kardioidní	kardioidní	hyperkardioidní	kardioidní	úzcí směrová	kulová
Kmitočtový rozsah [Hz]	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	30 až 18 000	20 až 20 000
Citlivost/1 kHz [mV/Pa]	9,5	9,5	9,5	9,5	15	8
Zvláštnosti		filtr s převýšením 6 dB na 10 kHz				
Teplotní rozsah [°C]	−20 až +60	−20 až +60	−20 až +60	−20 až +60	−20 až +60	−20 až +60
Rozměry [mm]	ø 18 × 22	ø 18 × 22	ø 18 × 22	ø 49 × 72	ø 18 × 215	ø 18 × 34
Hmotnost (čistá) [g]	20	20	20	100	75	40
Předzesilovače	C 451 EB		C 452 EB		C 460 EB	
Kmitočtový rozsah [Hz]	5 až 30 000		5 až 30 000		5 až 30 000	
Zesílení	0,47		0,47		0,47	
Ekvival. hladina šumu [dB]	22		22		17	
Útlumový člen					0; −10 dB	
Potlačení nízkých kmitočtů	0; −7; −20 dB na 50 Hz		0; −7; −20 dB na 50 Hz		12 dB/okt. od 70 nebo 150 Hz	
Max. hladina akustického tlaku	132 dB při 3% zkreslení na 1 kHz		132 dB při 3% zkreslení na 1 kHz		134 dB při 3% zkreslení na 1 kHz	
Napájení [V]	9 až 52		48		9 až 52	
Odběr [mA]	3 až 11		3		1	
Rozměry [mm]	ø 18 × 140		ø 18 × 144		ø 21 × 150	



Obr. 21. Kmitočtové a směrové charakteristiky kondenzátorové vložky Ck 5

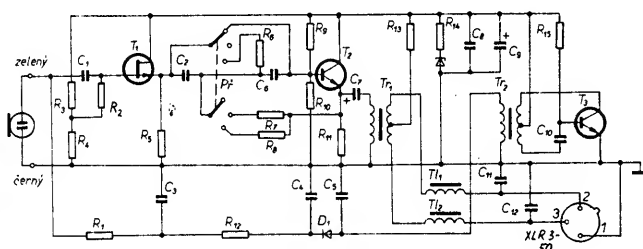


Napáječ N 66 E

Uvedený typ napáječe umožňuje napájet šestici mikrofonních vložek Ck 5.

Tab. 6. Kondenzátorové mikrofony AKG

	C 414 EB	C 414 EB-P48	C 535 EB	C 460 comb. ULS/61	C 567 E	C 568 EB
Směrová charakteristika	kardioidní, hyperkardioidní, kulová, osmičková		kardioidní	kardioidní	kulová	úzcí směrová
Kmitočtová charakteristika [Hz]	20 až 20 000		20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000	20 až 20 000
Citlivost [mV/Pa]	6	9	9	8	6	8
Impedance [Ω]	150	200	200	120	200	200
Ekv. hladina šumu [dB]	20	18	21	17	25	20
Útlumový člen	−10; −20 dB		−14 dB	−10 dB		
Potlačení nízkých kmitočtů	12 dB/okt. od kmitočtu 70 nebo 150 Hz		6 dB/okt. od 500 Hz nebo 12 dB/okt. od 100 Hz	12 dB/okt. od 70 nebo 150 Hz		−15 dB na 50 Hz
Max. hladina akustického tlaku [dB]	131	139	132	138	132	128
Napájení [V]	9 až 52	48	9 až 52	9 až 52	9 až 52	9 až 52
Odběr [mA]	při 12 V ≤ 5,5 při 48 V ≤ 3	≤ 1	≤ 1	1	≤ 1	1
Rozměry [mm]	141 × 45 × 35		ø 45 × 183	ø 21 × 173	ø 14 × 24	ø 21 × 255
Hmotnost (čistá) [g]	360		300	140	100	175



Obr. 22. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače C 451 EB

## c) kondenzátorové.

U těchto typů mikrofonů tvoří oproti předchozímu systému CMS mikrofonní vložka a předzesilovač jeden celek. Parametry vyráběných typů kondenzátorových mikrofonů AKG jsou v tab. 6.

Doporučené použití jednotlivých typů mikrofonů AKG pro snímání řeči, zpěvu a jednotlivých hudebních nástrojů je v tab. 7.

## 2. 9 Mikrofony firmy SHURE

Velmi kvalitní a také poměrně rozšířené a používané mikrofony vyrábí severoamerická firma Shure. Technické parametry vyráběných mikrofonů včetně doporučeného použití pro snímání signálu, zpěvu a hudebních nástrojů jsou v tab. 8. Ze všech uvedených typů je pouze SM 81 kondenzátorový, ostatní jsou elektrodynamické cívkové mikrofony. V technickém popisu mikrofonů výrobce upozorňuje u typů SM 57 a SM 58 na zvětšenou odolnost proti zpětné vazbě.

## 2. 10 Měřicí mikrofon – návrh, konstrukce

Při stavbě několikapásmových reproduktorových soustav vzniká, vzhledem k nutnosti fázovat reproduktory, potřeba kontrolovat kmitočtový průběh hladiny akustického tlaku soustavy. Je to především proto, že při

Tab. 7. Doporučené použití mikrofonů AKG

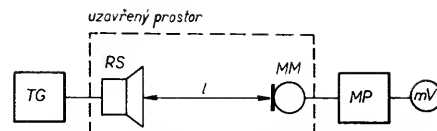
Zdroj signálu Mikrofon	D 12	D 80	D 125	D 190	D 222	D 224	D 310	D 320	D 321	D 330	D 1200	C 414 EB	C 414 EB-P48	C 535 EB	C 460B comb. ULS/61	C 567 E	C 568 EB
řeč			X		X												
sólový a sborový zpěv		X					X	X	X	X				X			
el. kytara			X								X						
akust. kytara						X					X						X
steel kytara								X	X	X							X
basová kytara	X				X						X						
housle					X						X						X
violoncello					X						X						X
kontrabas	X				X												
planino			X		X										X		
klavír			X		X										X		
flétna							X	X	X	X							X
citera			X														X
akordeon				X							X						
harmonika							X	X	X	X							
trubka				X							X						
lesní roh	X										X						
trombon	X										X						
tuba	X										X						
saxofon							X	X	X	X	X						X
klarinet			X								X						
vibrafon				X											X		
xylofon																	
bonga			X				X										
činely						X									X		
velký buben („šlapák“)	X		X														
malý buben			X								X						
Tom-Tom („přechodák“)				X				X									
Tom-Tom („kotl“)			X								X						
Hi-Hat						X								X			

výpočtu výhybek se dopouštíme určité nepřesnosti, neboť reproduktory považujeme za zátěž s reálnou impedancí. Ve skutečnosti mají však reproduktory komplexní impedanci a fázový posuv mezi reálnou a imaginární částí impedance spolu s fázovou charakteristikou použité elektrické výhybky se pak uplatňuje na celkové fázové charakteristice soustavy. Dále má na výslednou kmitočtovou charakteristiku vliv i rozmístění reproduktorů na přední stěně ozvučnice. Jedinou možností, jak zkontrolovat funkci reproduktorové soustavy je změřit její kmitočtovou charakteristiku akustického tlaku. Na první pohled je to v amatérských podmínkách téměř nemožné. Nemáme obvykle k dispozici ani bezodrazovou komoru, ani měřicí mikrofon a předzesilovač. Pokusíme se navrhnout takové měřicí zařízení a metody, kterými získáme kmitočtový průběh akustického tlaku naší soustavy v běžném uzavřeném nebo i volném prostoru a odhalíme hrubé závady vzniklé např. špatným fázováním, nevhodnou volbou dělicích kmitočtů apod.

Na obr. 23 je blokové schéma pracoviště k měření kmitočtového průběhu reproduktorových soustav. Na jednotlivé přístroje nejsou kladeny zvláštní požadavky. TG je tónový generátor s rozsahem 30 Hz až 16 (18) kHz, RS – měřená reproduktorová soustava, MM – měřicí mikrofon, MP – mikrofonní předzesilovač, mV – nízkofrekvenční milivoltmetr s rozsahy alespoň 10 mV, 100 mV, 1 V.

**Postup měření:** V první fázi plynule pomalu projíždíme tónovým generátorem celé akustické pásmo kmitočtů. Pozorně sledujeme nf milivoltmetr a pokud nalezneme velké změny (díry nebo převýšení), zaznamenejme si, na kterých kmitočtech se nalézaly. V druhé fázi měříme tak, že postupně měníme kmitočty po kmitočtu na generátoru a na nf milivoltmetru čteme napětí. Oblast změn proměříme s jemnějším krokem. Naměřené údaje vyneseme do grafu a tak získáme relativní kmitočtový průběh akustického tlaku měřené reproduktorové soustavy.

Kmitočtovou charakteristiku soustavy v oblasti nízkých kmitočtů získáme měřením v blízkém akustickém poli, tzn., že mikrofon umístíme ve vzdálenosti 5 až 20 cm od membrány hlubokotónového reproduktoru. Správné výsledky měření dostaneme až do

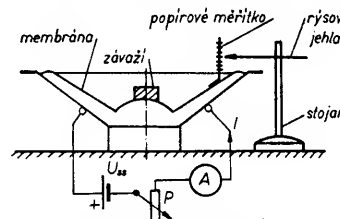


Obr. 23. Blokové schéma pracoviště pro měření kmitočtových charakteristik reproduktorových soustav

kmitočtu  $f_k$ , kdy je délka vlny odpovídající tomuto kmitočtu rovna obvodu membrány hlubokotónového reproduktoru. Celkovou kmitočtovou charakteristiku soustavy měřenou v uzavřeném prostoru (klubovna, sál) stanovíme obdobně, ovšem měřicí mikrofon umístíme do vzdálenosti podstatně větší než při měření v blízkém poli. Vzdálenost musí být však menší než je dozvuková vzdálenost  $l_d$  daného prostoru (viz tab. 16). Ve volném prostoru na vzdálenosti, v níž měříme, nezáleží. Doporučujeme však měřit ve vzdálenosti od 0,5 do 2 m podle velikosti soustavy.

Požadovali-li bychom absolutní hodnoty naměřeného akustického tlaku, museli bychom mikrofon oceňovat (v amatérských podmínkách např. jednoduchou měřicí metodou, stanovenou dr. Boleslavem).

V první fázi určíme součin  $BI$  hlubokotónového reproduktoru (ARN 5604/5608, ARN 6604/6608), který budeme potřebovat pro dané měření. Reprodukto otočíme mem-

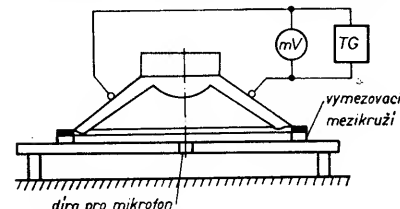
Obr. 24. Statické měření součinu  $BI$  reproduktoru

bránou vzhůru a položíme magnetem na stůl. Membránu zatížíme závažím o hmotnosti  $m$ , přičemž známým ss proudem  $I$ , zavedeným do kmitací cívky, průhyb membrány způsobený závažím vyrovnáme (obr. 24). Pak součin  $BI$  stanovíme ze vztahu

$$BI = \frac{mg}{I} \quad [T.m; kg, m/s^2, A],$$

kde  $g = 9,82 \text{ m/s}^2$ .

Ve druhé fázi připevníme reproduktor na desku s vymezovacím mezikružím, které zabezpečí, aby při pohybu membrány nenarážel její okraj na tuto desku. Do otvoru v desce zasuneme cejchovaný mikrofon a do reproduktoru přivedeme signál z tónového generátoru o kmitočtu 30 až 150 Hz o napětí  $U$ , jehož velikost stanovíme nf milivoltmetrem (obr. 25). Akustický tlak uvnitř



Obr. 25. Blokové schéma pracoviště pro cejchování mikrofonů

prostoru reproduktoru, zakrytého deskou, je pak

$$p = \frac{BIU}{S} = \frac{BIU}{SR_v} \quad [Pa; T.m, V, m^2, \Omega],$$

kde  $R_v$  je ss odpor kmitací cívky reproduktoru a  $S$  efektivní plocha membrány reproduktoru.

Na výstupních svorkách cejchovaného mikrofonu dostaneme výstupní napětí, odpovídající velikosti určeného tlaku. Citlivost



Tab. 8. Mikrofony SHURE

	SM 58	SM 7	SM 11	SM 17	SM 53	SM 57	SM 59	SM 81
Směrová charakteristika	kardioidní	kardioidní	kulová	kulová	kardioidní	kardioidní	kardioidní	kardioidní
Kmitočtový rozsah [Hz]	50 až 15 000	40 až 16 000	50 až 15 000	50 až 15 000	70 až 16 000	40 až 15 000	50 až 15 000	20 až 20 000
Citlivost [mV/Pa]	1,57	1,12	0,55	0,55	0,9	1,57	0,71	6,3
Impedance [Ω]	200 přep. na 50	150	200	200	200	200, přep. na 50	150	150 při zatěžovací impedanci 800
Filtr potlačení nízkých kmitočtů		ano			ano přepínatelný			ano dvoupolohový
Filtr prezence		ano						
Napájení								zdroj PS1E2 nebo baterie 12 až 48 V
Příslušenství	A 61 WS protivětrný filtr v 9 barvách				A53WS protivětrný filtr šedé barvy	A2WS protivětrný filtr šedé barvy	A59WS protivětrný filtr v 6 barvách	
	T3F Cannon konektor s přepínačem				A53G kovový kryt	T3F Cannon konektor s přepínačem	T3F Cannon konektor s přepínačem	
	A55M otřesuvzdorný držák				A53M otřesuvzdorný držák	A55M otřesuvzdorný držák		
					A53P mikrofonní stojan			
Maximální hladina akustického tlaku								135 dB
Rozměry [mm]			Ø 14,7 x 38,1	Ø 14,7 x 38,1				
Doporučené použití	dechové nástroje zejména žesťové	sólový zpěv velký buben bonga	perkuse	housle violoncello akust. kytara	klavír, koncertní křídlo, bicí, sborový zpěv, kytara, varhany, bas. kytara	sborový a sólový zpěv, bicí, kytara	dechové nástroje, např. saxofon	smýčkové nástroje akust. kytara, komorní orchestr, harfa, perkuse
Poznámka		vhodný pro pop-music		speciální příslušenství na připevnění k uvedeným nástrojům		s krytem A2WS vhodné pro zpěváky rockové hudby		kondenzátorový mikrofon

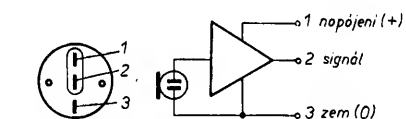
mikrofonu je pak dána poměrem:

$$\eta = \frac{U_v}{p} \quad [\text{mV/Pa}; \text{mV, Pa}].$$

Nyní si podrobněji popíšeme měřicí mikrofon (MM) a mikrofonní předzesilovač (MP).

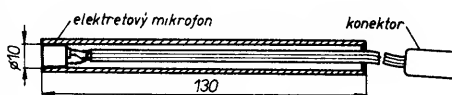
#### Měřicí mikrofon

U profesionálních měřicích mikrofonů se používá výhradně elektrostatičtý měnič. Vzhledem k tomu, že tzv. kondenzátorový mikrofon není již ve výrobním programu k. p. TESLA Valašské Meziříčí a zahraniční typy jsou velmi drahé, museli jsme se orientovat na jiný typ měniče. Svým velmi vyrovnaným kmitočtovým průběhem a potřebným rozsahem je elektrostatičtý měnič blízký měnič elektretový. Shodou okolností se v partiových prodejnách podniku Klenoty a také v prodejně TESLA ELTOS v Martinské ulici v Praze objevily japonské elektretové mikrofony. Jejich cena byla neuvěřitelná – v partiových prodejnách stály 5,- Kčs a v prodejnách TESLA 6,50 Kčs. Po změření několika desítek kusů jsme zjistili, že jejich charakteristiky mají potřebný kmitočtový průběh a navíc byl „jeden jak druhý“. Mikrofony mají průměr 10 mm a jsou dlouhé též 10 mm. Uvnitř je zalisován FET, zapojený jako emitorový sledovač. Zapojení vývodů mikrofonu (EM 60) je na obr. 26. Podle technických podmínek je poměr signál/šum lepší než 40 dB, maximální vstupní signál 120 dB, odběr menší než 0,5 mA při napájecím napětí 6 V. Naměřená citlivost byla u všech vzorků kolem 7 mV/Pa (94 dB) na 1 kHz. Z praktického



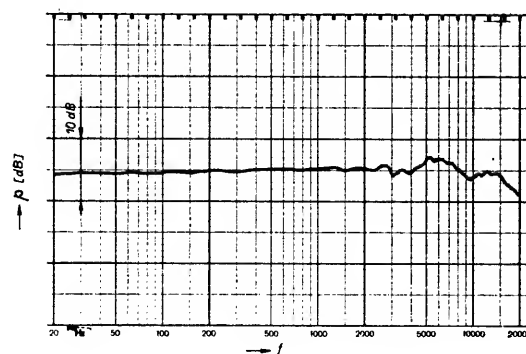
Obr. 26. Zapojení vývodů elektretového mikrofonu EM 60

hlediska je nutné upozornit na skutečnost, že mikrofon pracuje spolehlivě již od napájecího napětí 1,5 V. Vzhledem ke svému tvaru a příznivým rozměrům nejsou s jeho mechanickými úpravami žádné potíže. Můžeme použít vypsany značkovací (fix) o světlosti 10 mm, do kterého vložíme a po obvodě přilepíme elektretový mikrofon, zapojíme vývody a mikrofon je hotov. V našem případě jsme použili novodurovou trubičku o světlosti 10 mm a délky 130 mm. Jako přívodní kabel se nejlépe osvědčila stíněná dvojlinka, jejíž jeden živý vodič použijeme jako přívod napájecího (polarizačního) napětí a druhý pro přívod signálu. Uspořádání mikrofonu je na obr. 27. Kmitočtová charakteristika tohoto mikrofonu je na obr. 28.



Obr. 27. Konstruktivní uspořádání měřicího mikrofonu

Vzhledem k potřebnému většímu zesílení signálu mikrofonu a tím snadnějšímu čtení naměřených údajů byl za mikrofonem použit mikrofonní předzesilovač.



Obr. 28. Kmitočtová charakteristika měřicího mikrofonu

#### Mikrofonní předzesilovač

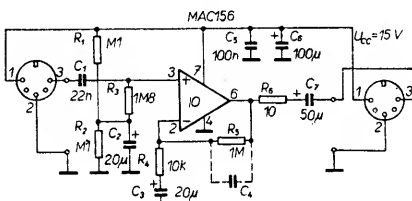
Na mikrofonní předzesilovač jsou kladeny následující požadavky: Dostatečné zesílení, potřebný kmitočtový rozsah (20 až 20 000 Hz), nezávislost parametrů (do jisté míry) na napájecím napětí, dostatečná vstupní impedance. Z velkého množství různých koncepcí se jeví nejvýhodnější v našem případě použít operační zesilovač. Uvedené požadavky splňuje z tuzemské součástkové základny řada MAC155, 156, 157. Jde o monolitický operační zesilovač se

vstupními tranzistory J-FE na společném čipu s bipolárními tranzistory s přísnými požadavky na šum a teplotní závislost.

#### Charakteristické údaje OZ MAC156

Napájecí napětí:	$\pm 15$ V.
Napájecí proud:	$\leq 7$ mA.
Napěťové zesílení (otevřená smyčka):	$\approx 25\,000$ .
Vstupní odpor:	$10^{12} \Omega$ .
Vstupní kapacita:	3 pF.
Mezní průchozí kmitočet ( $A_v = 1$ ):	5 MHz.
Vstupní šumové napětí ( $R_s = 100 \Omega$ , $f = 1$ kHz):	12 nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ .

Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače s použitím MAC156 je na obr. 29. Kmitočtový rozsah předzesilovače je 20 až 20 000 Hz. Požadujeme-li nižší horní mezní kmitočet, zapojíme paralelně k rezistoru  $R_5$  kondenzátor  $C_4$  takové kapacity, abychom dosáhli požadovaného kmitočtu (např. pro 6 kHz  $C_4 = 22$  pF). Dolní mezní kmitočet lze omezit volbou kapacity kondenzátoru  $C_1$  a kondenzátoru  $C_3$ . Zesílení předzesilovače



Obr. 29. Schéma zapojení mikrofonního předzesilovače

je nastaveno poměrem odporů  $R_5$  a  $R_4$  na  $A_v = 100$ . Vstupní impedance je větší než  $1 \text{ M}\Omega$ .

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek je na obr. 30.

Konstrukčně je předzesilovač řešen tak, že osazená deska s plošnými spoji je vestavěna do kuprexitové krabičky s rozměry  $60 \times 40 \times 70$  mm. Na dvou protilehlých stěnách jsou přišroubovány pětikolíkové konektory (vstup a výstup). Jak je patrné ze schématu zapojení, je napájecí napětí  $+15$  V přiváděno na kolík č. 1 a je propojeno na stejný kolík vstupního konektoru, přes který je přiváděno jako polarizační (napájecí) napětí pro elektretový mikrofon.

#### Použité součástky

Integrovaný obvod

IO MAC155, 156, 157

Rezistory (TR 191, 212, 213)

$R_1, R_2$  100 k $\Omega$

$R_3$  1,8 M $\Omega$

$R_4$  10 k $\Omega$

$R_5$  1 M $\Omega$

$R_6$  10  $\Omega$

Kondenzátory

$C_1$  22 nF, TC 235

$C_2, C_3$  20  $\mu$ F, TE 984

$C_4$  viz text

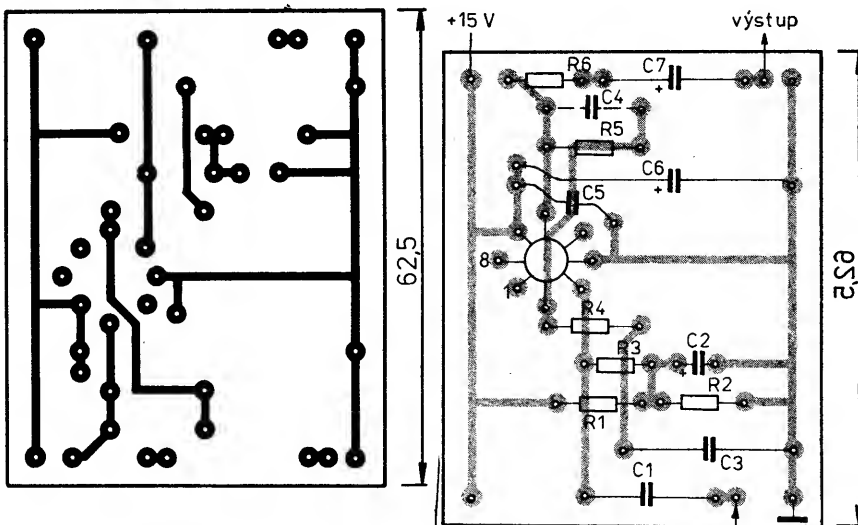
$C_5$  100 nF, TK 782

$C_6$  100  $\mu$ F, TE 984

$C_7$  50  $\mu$ F, TE 984

### 3. Sluchátka

Sluchátka se stala nepostradatelným pomocníkem nejen zvukových techniků v hudebních souborech, ale také jednotlivých hudebníků. Během produkce slouží jednak ke kontrole zvukového signálu přicházejícího do směšovacích pultů, dále k vyhledávání zvukových snímků zaznamenaných na magnetofonu. Rozšířilo se jejich používání při



Obr. 30. Deska s plošnými spoji W217 a rozložení součástek mikrofonního předzesilovače

zkouškách hudebních skupin, kdy při nastudování obtížných partií je možné do sluchátek pustit z magnetofonu opakovaně buď originální nahrávku, nebo nahraný zvuk ostatních nástrojů.

Vzhledem k tomu, že v uvedených případech jsou sluchátka provozována při zvýšených hladinách okolního zvuku (hluk), je jedním z nejdůležitějších parametrů při výběru vhodných sluchátek útlum vůči vnějšímu hluku (uzavřená sluchátka s velkými náušníky).

#### 3. 1 Technické parametry

V technické dokumentaci dodávané ke sluchátkům mají být podle doporučení IEC uváděny tyto údaje:

1. Kmitočtový rozsah v definovaném pásmu akustického tlaku, např. v pásmu 10 nebo 12 dB. Šířku pásma je nutné u údaje rozsahu uvést.
2. Charakteristická citlivost – podíl elektrického příkonu a akustického tlaku měřeného na membráně měřícího mikrofonu umělého ucha (obvykle v dB/1 mW).
3. Rozdíl jmenovité citlivosti obou sluchátek – tento údaj se uvádí zpravidla v kmitočtovém rozsahu 100 až 5000 Hz.
4. Elektrická impedance – údaj o rozmezí, v němž se impedance mění. U piezoelektrických sluchátek se uvádí vstupní kapacita.
5. Jmenovitá impedance.
6. Jmenovité napětí – napětí nutné pro vyvolání akustického tlaku 94 dB při kmitočtu 400 Hz na vstupu umělého ucha.
7. Jmenovitý příkon – podíl čtverce jmenovitého napětí a jmenovité impedance. Udává se v mW.
8. Maximální napětí a příkon – napětí a příkon, které sluchátko snese při krátkodobém zatížení po dobu 3 s.
9. Činitel harmonického zkreslení (%).
10. Útlum sluchátka vůči vnějšímu hluku. Udává se v dB pro oblasti 40 až 60, 100 až 200, 1000 až 2000 a 5000 až 10 000 Hz nebo v celém pásmu při použití váhového filtru A, někdy též jako střední hodnota z údajů pro kmitočty 1 kHz a 10 kHz.
11. Druh použitého elektroakustického měniče (elektrodynamický, orthodynamický, piezoelektrický, elektrostatický).
12. Blokové schéma – zapojení měničů, ovládacích prvků a konektorů, uspořádání napájecí a zdrojů polarizačních napětí, zapojení konektoru apod.
13. Způsob navázání na ucho – informace, zda se jedná o sluchátka otevřená, polo-

otevřená, uzavřená nebo sluchátka s prodyšným náušníkem.

14. Síla pro přitlačení sluchátek (N).
15. Objem náušníků – u uzavřených sluchátek.
16. Celková hmotnost sluchátek a oddělené hmotnost příslušenství.
17. Délka přípojného kabelu a typ konektoru.

#### 3. 2 Měření útlumu sluchátka vůči vnějšímu hluku

Jak jsme se již zmínili v úvodu, je pro výběr sluchátek používaných v hudebních souborech z hlediska vysoké hladiny okolního hluku důležitý jejich útlum vůči tomuto hluku. Seznámíme se proto s tím, jak tento parametr u sluchátek určíme.

V postupném akustickém poli v bezdovukové komoře (uzavřeném prostoru) umístíme sluchátko přiložené okrajem náušníků k pomocné desce, která svým otvorem navazuje na vstup umělého ucha. Do měřící reproduktorové soustavy přivedeme signál z generátoru a stanovíme kmitočtový průběh akustického tlaku měřeného na membráně umělého ucha. Měřící mikrofon slouží k udržování konstantního akustického tlaku postupného akustického pole. Signál z tohoto mikrofonu se přivádí na vstup kompresoru, jehož výstupní napětí (a tím výstupní napětí generátoru) mění svou velikost v závislosti na velikosti akustického tlaku před měřící reproduktorovou soustavou. Rozdíl hladin akustických tlaků vně a uvnitř náušníku udává velikost útlumu sluchátka. Základní uspořádání při uvedeném měření je na obr. 31.

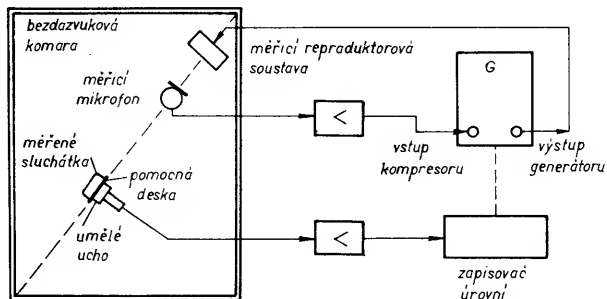
#### 3. 3 Tuzemské typy sluchátek

Z hlediska co největšího útlumu vůči vnějšímu hluku lze z domácí produkce vybrat následující typy uzavřených sluchátek: Sluchátka S2 vyráběná Kovopodnikem Brno a z produkce k. p. TESLA Valašské Meziříčí typy ARF 300 a ARF 310.

##### Sluchátka S2

Sluchátka se skládají z dvojice elektrodynamických reproduktorů, umístěných v oválných kovových mušlích. Mušle jsou upevněny držáky k posuvným jezdcům náhlavního těmene. Konstrukce těmene a držáku umožňuje nastavit rozměry, jež vyhovují uživateli sluchátek. Těmeno je měkce čalouněné a mušle jsou opatřeny čalouněním ve formě náušníků, jejichž povrch je omyvatelný a příjemný na dotek.

Součástí náušníků jsou molitanové „ovály“, vložené do prostoru uprostřed náušníků.



Obr. 31. Uspořádání pracoviště pro měření útlumu sluchátka vůči vnějšímu hluku

Sluchátka jsou vybavena přípojnou čtyřpramennou, šroubovicově stočenou šňůrou, zakončenou normalizovanou pětipólovou vidlicí.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 16 \Omega$ .  
Citlivost: 90 dB/0,3 V při 1 kHz.

Napětí pro vytvoření hladiny akustického tlaku 100 dB: 0,5 V.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 15 000 Hz v pásmu 22 dB, 30 až 10 000 Hz v pásmu 17 dB.

Délka přívodní šňůry (v rozvinutém stavu): asi 5 m.  
Hmotnost: 600 g.

Příklad naměřené kmitočtové charakteristiky sluchátek S2 je na obr. 32.

**Sluchátka ARF 300** jsou dalším typem sluchátek s velkým objemem náušníků.

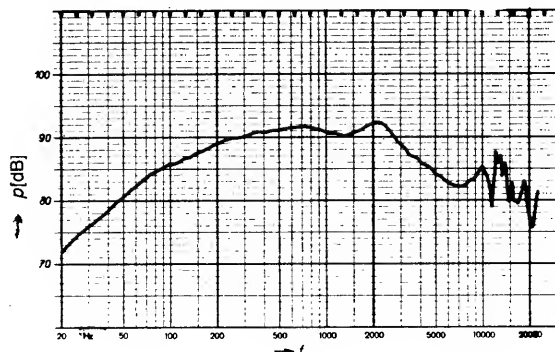
#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 200 \Omega$ .  
Citlivost: 95 dB/mW/1 sluchátko.  
Maximální příkon: 10 mW/1 sluchátko.  
Mezní akustický tlak: 125 dB.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Délka přívodní šňůry: 5 m.

Naměřená kmitočtová charakteristika jednoho systému sluchátek ARF 300 je na obr. 33.

#### Sluchátka ARF 310

Sluchátka s velkým objemem náušníků jsou tvořena dvěma mušlemi z plastické hmoty ABS, v nichž jsou umístěny elektroakustické měniče. Mušle jsou opatřeny měkkými náušníky a jsou kloubově spojeny s náhlavním obloukem, na němž je upevněn tisk, který lze po náhlavním oblouku posouvat a tím přizpůsobovat jeho výšku a tvar velikosti hlavy uživatele.



Obr. 33. Kmitočtová charakteristika sluchátek RAF 300

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá vstupní impedance:  $2 \times 200 \Omega$ .  
Citlivost: 92 dB/1 mW.  
Špičkový hudební příkon: 30 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Zkreslení: max. 1 %/1 mW/1 kHz.  
Hmotnost: 350 g.  
(včetně přívodní šňůry):  
Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek ARF 310 je na obr. 34.

#### 3. 4 Zahraniční typy sluchátek

Z produkce sluchátek zahraničních firem jsme vybrali typy vhodné pro uvedené použití, to je takové, které mají vyhovující kmitočtový rozsah a především co největší útlum vůči vnějšímu hluku.

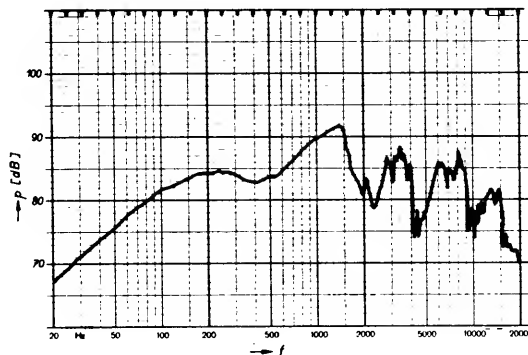
#### AGK K 340

AGK K 340 jsou sluchátka s velkým objemem náušníků. Zajímavostí je, že jsou dvou-pásmová. Hlubokotónová část využívá dynamického elektroakustického měniče a vysokotónová elektrostatického. Použití elektrostatického měniče má výhodu ve snadném splnění kmitočtového rozsahu do 20 kHz. Na druhé straně elektrostatický měnič snese mnohem menší zatížení než elektrodynamický. Na kmitočtu 5 kHz je maximální hladina tlaku jen 85 dB.

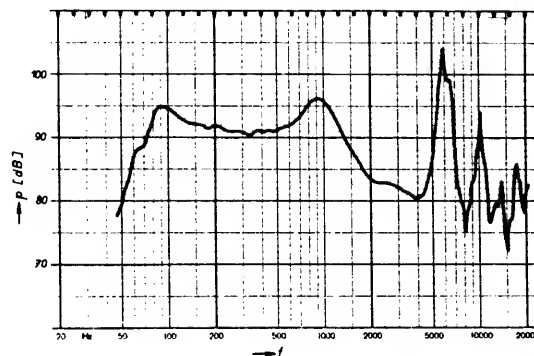
#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický a elektrostatický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 355  $\Omega$ .  
Citlivost: 94 dB/0,54 V.  
Maximální akustický tlak:  
100 Hz: 108 dB,  
1 kHz: 110 dB,  
5 kHz: 85 dB.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Přítlačná síla: 5 N.  
Hmotnost: 420 g.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 22 dB (stř. hodnota z 1 kHz a 10 kHz).

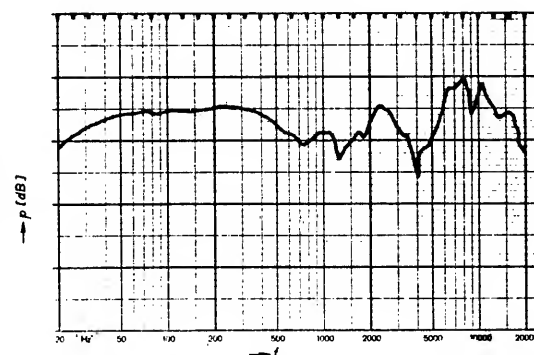
Naměřená kmitočtová charakteristika sluchátek AGK K 340 je na obr. 35.



Obr. 32. Kmitočtová charakteristika sluchátek S2



Obr. 34. Kmitočtová charakteristika sluchátek ARF 310



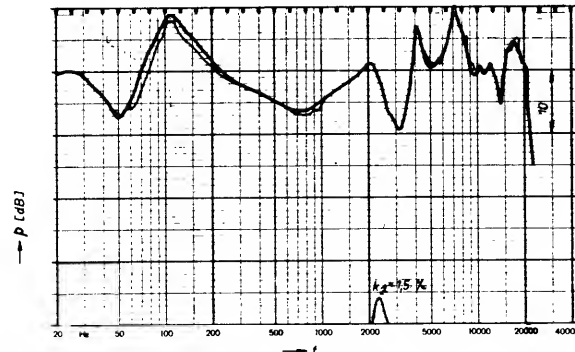
Obr. 35. Kmitočtová charakteristika sluchátek AGK K340

#### Sennheiser HD 224 X

Uzavřená sluchátka s větším objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 220  $\Omega$ .  
Citlivost: 88,5 dB/1 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Přítlačná síla: 6,5 N.



Obr. 36. HD 224X

Hmotnost: 170 g.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 20 dB (A).  
Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek Sennheiser HD 224 X je na obr. 36.

**KOSS Pro 4 AAA**  
Uzavřená sluchátka s velkým objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 260 Ω.  
Citlivost: 92,5 dB/1 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Přilučná síla: 7,7 N.  
Hmotnost: 480 g.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 18 dB (A).

Příklad kmitočtové charakteristiky sluchátek KOSS 4 AAA je na obr. 37.

**Beyer DT 660 MK II**

Uzavřená sluchátka s velkým objemem náušníků.

#### Technické údaje

Druh elektroakustického měniče: dynamický.  
Jmenovitá impedance (1 kHz): 600 Ω.  
Citlivost: 93 dB/1 mW.  
Kmitočtový rozsah: 20 až 20 000 Hz.  
Max. hladina akustického tlaku: 111 dB.  
Hmotnost: 280 g.  
Délka přívodní šňůry: 3,5 m.  
Útlum vůči vnějšímu hluku: 15 dB (A).

Jako sluchátka s větším útlumem vůči vnějšímu hluku je možné použít i např. typy KOSS K/6X (10 dB), KOSS Technician/VFR (13 dB), Pioneer SE-550 (13 dB), Beyer DT 660 (15 dB), KOSS Pro/4X (13 dB) ...

## 4. Reprodukory

Rozvoj elektroakustiky se prosadil i do oblasti technického zázemí hudebních souborů. Původní potřeba zesílit hlas interpreta se rozrostla na potřebu zesílit zvuk každého hudebního nástroje. Vzhledem ke spektrálnímu složení zvuku používaných hudebních nástrojů (40 Hz až 16 kHz) to vyžaduje mít k dispozici vhodné hlubokotónové, středotónové a vysokotónové reproduktory, neboť s jediným reproduktorem nemůžeme obsáhnout celý potřebný rozsah kmitočtů. Požadavky na reproduktory určené pro hudební soubory se odlišují od reproduktorů univer-

zálního použití především ve své robustnější konstrukci, v maximálním příkonu a v co největší energetické účinnosti, neboť „každý decibel“ citlivosti zvládne výsledný akustický tlak při stejném výkonu zesilovače.

### 4. 1 Tuzemské reproduktory

Monopolní výrobce reproduktorů v ČSSR, k. p. TESLA Valašské Meziříčí, vyrábí pro hudební soubory reproduktory ARM 9304 (ARM 9308) a ARO 9308 (ARO 9315). Parametry těchto reproduktorů jsou přehledně v tab. 9. Údaje inovovaných reproduktorů s označením ARM 9408 a ARO 9408 jsou v tab. 10. Od předchozích typů se liší především větší zatížitelností a z konstrukčního hlediska provedením membrány a jejího okraje. V podstatě jde o dva typy reproduktorů s impedancí 4 a 8 Ω nebo u druhého typu 8 a 15 Ω. Vzhledem ke kmitočtovému rozsahu uvedených reproduktorů jde o hlubokotónové reproduktory. Vhodný středotónový reproduktor není doposud vyráběn a použití ARV 161 nebo ARV 168 jako vysokotónových reproduktorů s příkonem 5 W považujeme opravdu za nouzové řešení a to i při aplikaci většího počtu těchto reproduktorů.

### 4. 2 Zahraniční reproduktory

V zahraničí se výrobou reproduktorů zabývá poměrně velký počet firem, které zpravidla dodávají veškerý sortiment reproduktorů pro hudební soubory. V technických popisech nebývají reproduktory rozdělovány, jak je běžné u reproduktorů pro spotřební elektroniku, na hlubokotónové, středotónové a vysokotónové, ale podle určení. Například tedy pro basovou kytaru, varhany, kytarový box (combo) nebo reproduktory vhodné pro použití do reproduktorových soustav na diskotéky atd.

Jako příklady reproduktorů vyráběných

v zahraničí uvedeme výrobky firem CELESTION, FANE a MCKENZIE.

### 4. 3 Reprodukory CELESTION

Výrobní sortiment reproduktorů firmy CELESTION zahrnuje všechny typy reproduktorů pro použití v reproduktorových systémech hudebních souborů a ozvučování diskoték. Jedná se o typy vhodné pro jednotlivé hudební nástroje (sólová kytara, basová kytara, varhany...) nebo pro systém P.A. (modulární systém centrálního ozvučení) a reproduktorové soustavy pro ozvučování diskoték.

Reproduktory se vyrábějí o jmenovité impedanci 8 a 16 Ω. Výkonová zatížitelnost se pohybuje od 25 do 400 W. Konstanty reproduktorů pro oblast nízkých a středních kmitočtů, sloužící pro návrh ozvučnic (uzavřená, bassreflexová) uvádíme kromě dalších údajů v tab. 11. Postup návrhu ozvučnic byl podrobně popsán v AR B2/84 a 6/86. U označování typů reproduktorů se objevují zkratky PE, CE, TC a RE. Určují druh uchycení membrány ke koši reproduktorů. PE je membrána s papírovým okrajem, CE je membrána s tkaninovým okrajem, TC je s pomocnou vysokotónovou membránou a tkaninovým okrajem a RE je membrána s pryžovým okrajem.

V tab. 12 jsou parametry novější řady reproduktorů pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

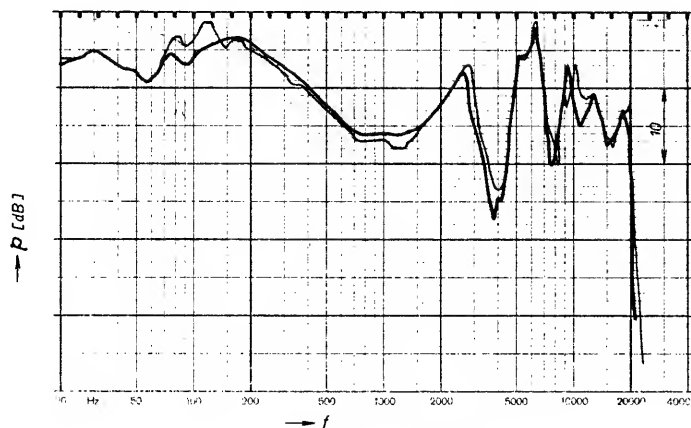
Pro oblast středních kmitočtů jsou určeny reproduktory DCR 50 a DCR 100.

Pro zvětšení citlivosti reproduktorů DCR 50 a DCR 100 a rozšíření vyzařovacích úhlů nabízí firma CELESTION k uvedeným reproduktorům zvukovod RH 500. Vyzařovací úhel vertikální má 45° a horizontální 80°. Rozměry jsou 485 × 195 × 326 mm.

Pro oblast vysokých kmitočtů jsou určeny

Tab. 9. Údaje reproduktorů TESLA pro hudební soubory

Typ reproduktoru	ARM 9304	ARM 9308	ARO 9308	ARO 9315
Jmenovitá impedance $Z_j$ [Ω]	4	8	8	15
Max. standardní příkon $P$ [W]	50	50	50	50
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	46	47	34	35
Celkový činitel jakosti $Q_c$	0,245	0,26	0,21	0,22
Ekvivalentní objem $V_{ekv.}$ [dm <sup>3</sup> ]	185	185	345	345
Citlivost $\eta$ [dB/V/m]	100	100	100	100
Poddajnost kmitacího systému $c_{ms}$ [m.N <sup>-1</sup> ]	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,25 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	0,048	0,045	0,073	0,069
Silový činitel $Bl$ [T.m]	13,4	17,7	10,4	18
Efektivní plocha membrány $S$ [mm <sup>2</sup> ]	0,086	0,086	0,086	0,086
Max. lineární výchylka $y_{max}$ [mm]	± 1,5	± 1,5	± 4	± 4



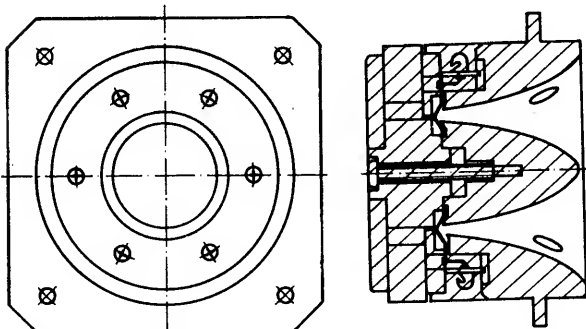
Obr. 37. Kmitočtová charakteristika sluchátek Koss Pro 4AAA

Tab. 10. Údaje inovovaných reproduktorů TESLA pro hudební soubory

Typ reproduktoru	ARM 9408	ARO 9408
Jmenovitá impedance $Z_j$ [Ω]	8	8
Max. standardní příkon $P$ [W]	150	100
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	37	45
Celkový činitel jakosti $Q_c$	0,16	0,27
Ekvivalentní objem $V_{ekv.}$ [dm <sup>3</sup> ]	266	226
Citlivost $\eta$ [dB/V/m]	100	100
Poddajnost kmitacího systému $c_{MS}$ [m/n]	$0,245 \cdot 10^{-3}$	$0,208 \cdot 10^{-3}$
Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	0,075	0,059
Silový činitel $Bl$ [T.m]	28,13	21,3
Efektivní plocha membrány $S$ [m <sup>2</sup> ]	0,081	0,081
Max. lineární výchylka $y_{max}$ [mm]	± 2	± 4,5

Tab. 11. Údaje reproduktorů Celestion pro oblast nízkých a středních kmitočtů

Typ	Jmenovitá impedance $Z_i$ [Ω]	Jmenovitý příkon $P_i$ [W]	Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Celkový činitel jakosti $Q_c$	Ekvivalentní objem $V_{ekv}$ [dm <sup>3</sup> ]	Citlivost $\eta$ [dB/VA/m]	Poddajnost kmitacího systému $c_{MS}$ [m.N <sup>-1</sup> ]	Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	Silový činitel $B_l$ [T.m]	Aktivní průměr membrány $D$ [mm]
G8-25 PE	8 nebo 16	25	65	0,46	26	89	$3,5 \cdot 10^{-4}$	0,023	10	165
G10-50 PE	8 nebo 16	50	98	1,14	34	93	$1,8 \cdot 10^{-4}$	0,015	6,7	215
G10-60 PE	8 nebo 16	60	98	1,27	17	93	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,029	14,4	215
G12-30 PE	8 nebo 16	30	72	1,57	42	88	$1,2 \cdot 10^{-4}$	0,042	8,1	255
G12-50 PE	8 nebo 16	50	77	1,03	39	91	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,041	10,2	255
G12-50 CE	8 nebo 16	50	56	0,50	85	93	$2,1 \cdot 10^{-4}$	0,037	12,3	255
G12-65 PE	8 nebo 16	65	89	0,93	39	93	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,030	14,7	255
G12-65 CE	8 nebo 16	65	43	0,36	155	94	$4,3 \cdot 10^{-4}$	0,033	12,3	255
G12-80 PE	8 nebo 16	80	86	0,48	42	96	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,030	15,1	255
G12-80 CE	8 nebo 16	80	43	0,34	165	95	$4,1 \cdot 10^{-4}$	0,033	12,7	255
G12-100 PE	8 nebo 16	100	89	0,64	33	94	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,036	14,8	255
G12-100 CE	8 nebo 16	100	41	0,39	122	92	$3,3 \cdot 10^{-4}$	0,045	14,2	255
G12-125 PE	8 nebo 16	125	60	0,31	61	95	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,043	17,8	255
G12-125 CE	8 nebo 16	125	44	0,22	117	95	$3,1 \cdot 10^{-4}$	0,042	17,8	255
G15-75 PE	8 nebo 16	75	49	0,67	150	93	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,064	14,0	320
G15-75 CE	8 nebo 16	75	28	0,38	520	93	$5,5 \cdot 10^{-4}$	0,059	13,5	320
G15-80 CE	8 nebo 16	80	32	0,34	370	94	$3,9 \cdot 10^{-4}$	0,063	16,2	320
G15-100 PE	8 nebo 16	100	55	0,63	100	93	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,077	17,3	320
G15-100 CE	8 nebo 16	100	37	0,39	225	93	$2,4 \cdot 10^{-4}$	0,076	16,7	320
G15-150 PE	8 nebo 16	150	56	0,47	105	95	$1,1 \cdot 10^{-4}$	0,072	17,9	320
G15-150 CE	8 nebo 16	150	23	0,19	670	95	$7 \cdot 10^{-4}$	0,068	17,9	320
G18-200 PE	8 nebo 16	200	44	0,52	170	93	$0,9 \cdot 10^{-4}$	0,149	23,2	380
G18-200 CE	8 nebo 16	200	18	0,23	1200	93	$6,7 \cdot 10^{-4}$	0,118	20,4	380
G18-250 PE	8 nebo 16	250	36	0,24	280	96	$1,6 \cdot 10^{-4}$	0,125	28,2	380
G18-250 CE	8 nebo 16	250	19	0,12	1230	97	$6,5 \cdot 10^{-4}$	0,112	27,2	380
P/CEL 12	8 nebo 16	150	57	0,4	62	93	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,046	15,7	255
P/CEL 15	8 nebo 16	250	42	0,26	182	96	$1,7 \cdot 10^{-4}$	0,080	22,5	320



Obr. 38. Uspořádání vysokotónového reproduktoru Celestion HF 50 (HF 50X)

Technické parametry

reproduktory HF 50, HF 50X, RTT 50 a RTT 50X.

Uspořádání reproduktoru HF 50 (HF 50X) je na obr. 38. V technických podkladech výrobce uvádí, že při návrhu a konstrukci membrány těchto reproduktorů byla použita laserová interferenční metoda s cílem omezit co nejvíce parazitní módy kmitání a získat tedy co nejvyšší zvuk. Kmitočtové cha-

Jmenovitá impedance (Ω):  
Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):  
Zatížitelnost (sinus) (W):  
Citlivost (dB/VA/1 m):  
Max. hladina akustického tlaku (dB):  
Činitel harm. zkreslení, 2. harm.:  
při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:  
Doporučený dělicí kmitočet (kHz):  
Strmost el. výhybky (dB/okt.):  
Rozměry (mm)

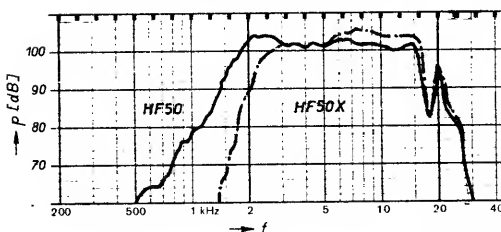
Jmenovitá impedance (Ω):  
Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):  
Zatížitelnost (sinus) (W):  
Citlivost (dB/VA/1 m):  
Max. hladina akustického tlaku (dB):  
Činitel harm. zkreslení, 2. harm.:  
při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:  
Doporučený dělicí kmitočet (kHz):  
Strmost el. výhybky (dB/okt.):  
Rozměry (mm)

rakteristiky vysokotónových reproduktorů HF 50 a HF 50X jsou na obr. 39.

Zapojení elektrické výhybky pro vysokotónové reproduktory HF 50 (HF 50X) je na obr. 40.

K uvedeným vysokotónovým reproduktorům je možné připevnit akustickou čočku AL 7 o rozměrech 198 × 125 × 52 mm, jejíž horizontální vyzářovací úhel je 65°.

Technické parametry další dvojice vysokotónových reproduktorů RTT 50 a RTT 50X jsou uvedeny dále.

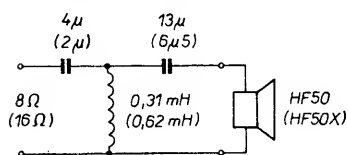


Obr. 39. Kmitočtové charakteristiky vysokotónových reproduktorů Celestion HF 50 a HF 50X

DCR 50		DCR 100	
8 nebo 16	700 až 8000 Hz	8 nebo 16	700 až 8000 Hz
50		100	
101		103	
121		124	
10		10	
2		2	
800		800	
12		12	
		Ø 117 × 85	
HF 50		HF 50X	
8 nebo 16		8 nebo 16	
2 až 16		3 až 16	
50		50	
102		104	
117		119	
6		6	
1		1	
3		3	
18		18	
115 × 115 × 75		115 × 115 × 105	

Tab. 12. Údaje novější řady reproduktorů Celestion pro oblast nízkých a středních kmitočtů

Typ reproduktoru	Jmenovitá impedance $Z_j$ [Ω]	Jmenovitý příkon $P_j$ [W]	Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Kmitočtový rozsah (-12 dB) [Hz]	Citlivost [dB/VA/m]	Max. hladina akust. tlaku $p_{max}$ [dB]
G5D-25 RE	8 nebo 16	25	55	80 až 15 000	89	101
G8D-25 PE	8 nebo 16	25	95	80 až 9000	91	103
G8L-35 PE	8 nebo 16	35	95	80 až 7500	95	109
G8S-50 PE	8 nebo 16	50	95	80 až 7000	97	112
G10D-25 PE	8 nebo 16	25	95	80 až 8000	93	105
G10L-35 PE	8 nebo 16	35	95	80 až 6500	97	111
G10S-50 PE	8 nebo 16	50	95	80 až 6000	98	113
G10B-100 CE	8 nebo 16	100	45	50 až 7000	96	115
G10B-100 TC	8 nebo 16	100	45	50 až 13 000	94	113
G12S-50 PE	8 nebo 16	50	70	80 až 6000	99	114
G12S-50 TC	8 nebo 16	50	40	60 až 13 000	98	113
G12S-50 CE	8 nebo 16	50	50	70 až 6000	98	113
G12M-70 PE	8 nebo 16	70	75	80 až 6000	100	117
G12M-70 CE	8 nebo 16	70	50	60 až 6000	98	115
G12M-70 TC	8 nebo 16	70	50	60 až 12 000	99	116
G12T-75 PE	8 nebo 16	75	75	80 až 6000	98	115
G12P-75 CE	8 nebo 16	75	45	50 až 6000	97	115
G12K-85 PE	8 nebo 16	85	75	80 až 6000	100	118
G12K-85 CE	8 nebo 16	85	45	50 až 6000	99	117
G12K-85 TC	8 nebo 16	85	45	50 až 12 000	98	116
G12H-100 PE	8 nebo 16	100	75	80 až 6000	101	120
G12H-100 CE	8 nebo 16	100	45	50 až 6000	99	118
G12H-100 TC	8 nebo 16	100	45	50 až 12 000	98	117
S12-150 PE	8 nebo 16	150	80	80 až 6000	103	125
S12-150 CE	8 nebo 16	150	55	65 až 6000	102	125
S12-250 CE	8 nebo 16	250	40	40 až 5000	102	125
VINTAGE PE	8 nebo 16	30	75	80 až 6500	99	116
G15B-100 PE	8 nebo 16	100	55	60 až 6000	97	115
G15B-100 CE	8 nebo 16	100	35	40 až 6000	97	116
G15Z-200 PE	8 nebo 16	200	60	60 až 5000	100	121
G15Z-200 CE	8 nebo 16	200	35	40 až 5000	99	120
G18Z-200 CE	8 nebo 16	200	20	35 až 4000	96	117
G18Q-400 CE	8 nebo 16	400	20	35 až 4000	99	122



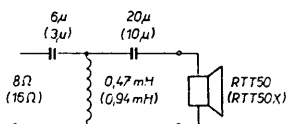
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance (Ω):  
 Kmitočtový rozsah (-12 dB) (kHz):  
 Zatížitelnost (sinus) (W):  
 Citlivost (dB/VA/1 m):  
 Max. hladina akustického tlaku (dB):  
 Činitel harm. zkreslení, 2. harm.:  
 při max. hladině tlaku (%) 3. harm.:  
 Doporučený dělicí kmitočet (kHz):  
 Strmost el. výhybky (dB/okt.):  
 Rozměry (mm):

Obr. 40. Schéma zapojení el. výhybky pro vysokotónové reproduktory HF 50 a HF 50X

RTT 50	RTT 50X
8 nebo 16	8 nebo 16
1,5 až 15	2 až 15
50	50
101	103
116	118
6	6
2	2
2	2
18	18
110 × 220 × 140	110 × 220 × 165

Elektrická výhybka se strmostí 18 dB/okt. a dělicím kmitočtem 2 kHz pro uvedené typy reproduktorů je na obr. 41.



Obr. 41. Schéma zapojení el. výhybky pro vysokotónové reproduktory RTT 50 a RTT 50X

K reproduktorům RTT 50 a RTT 50X je možné připevnit akustickou čočku o rozměrech 308 × 125 × 52 mm s horizontálním vyzařovacím úhlem 75°. Dodává se pod označením AL 12.

#### 4. 4 Reproduktory FANE

Reproduktory FANE jsou v technických podkladech prezentovány jako reproduktory s velkou zatížitelností. Téměř všechny typy jsou vyráběny s jmenovitou impedancí jak 8, tak 16 Ω. Jednou z vyráběných řad reproduktorů je série STUDIO. Reproduktory této série jsou určeny pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

Technické parametry reproduktorů série STUDIO	STUDIO 15B	STUDIO 12B	STUDIO 12L
	8 nebo 16 obr. 44 200 40 102 Ø 407 × 162 bas. kyt. systém P.A. varhany disko	8 nebo 16 obr. 43 200 50 99 Ø 331 × 130 basová kytara systém P.A. varhany disko	8 nebo 16 obr. 42 200 50 101 Ø 331 × 130 sólová kytara systém P.A. varhany disko

Jmenovitá impedance (Ω):  
 Kmitočtová charakteristika:  
 Zatížitelnost (W):  
 Rezonanční kmitočet (Hz):  
 Citlivost (dB/VA/1 m):  
 Rozměry (mm):  
 Použití:

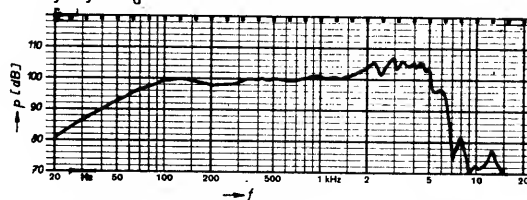
Pro oblast vysokých kmitočtů můžeme použít buď vysokotónové reproduktory řady HF nebo reproduktory série J (vysokotónové reproduktory se zvukovodem).

Nyní si uvedeme technické parametry vysokotónových reproduktorů řady HF.

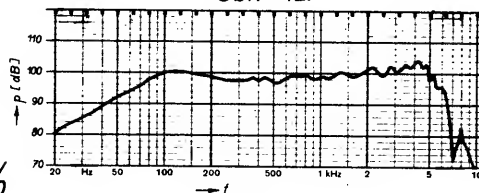
U typů HF 100M a HF 75M je možné připevnit zvukovod HF 100 HORN s kritickým kmitočtem 400 Hz. Na kmitočtu 10 kHz je horizontální vyzařovací úhel 90° a vertikální 50°. Rozměry zvukovodu jsou 432 × 221 × 413 mm (š × v × h).

Vysokotónové reproduktory, jejichž součástí je zvukovod, se vyrábějí v sérii J.

Zatížitelnost je udána při aplikaci el. výhybky s  $f_d = 5$  kHz a strmostí 12 dB/okt.



Obr. 42.



Obr. 43.



	HF 250	HF 100M	HF 75M
Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):	8	8 nebo 16	8 nebo 16
Kmitočtový rozsah (kHz):	5 až 20	1 až 15	1 až 15
Zatížitelnost (W):	250	100	75
Citlivost (dB/VA/1 m):	105	104	101
Rozměry (mm):	114×114×93	Ø 152×84	Ø 124×76

Technické parametry reproduktorů série J

	J 44	J 73	J 104	J 105
Jmenovitá impedance ( $\Omega$ ):	8	8	8	8
Kmitočtový rozsah (kHz):	3 až 16	2 až 17	2 až 15	3 až 15
Zatížitelnost (W):	50	70	70	70
Citlivost (dB/VA/1 m):	98 ± 2	95 ± 2	103 ± 2	108 ± 2
Kritický kmitočet zvukovodu (Hz):	1500	900	820	780
Rozměry (š×v×h) (mm):	87,3 × 87,3 × 77	184,2 × 76,2 × 164	268,3 × 101,6 × 296,1	268,7 × 109,7 × 210,5

#### 4. 5 Reproduktory McKenzie

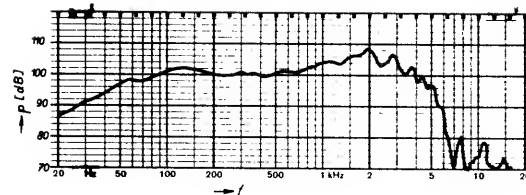
Reproduktory McKenzie se vyrábějí v několika sériích, jejichž název je volen tak, že udává přímo oblast použití. Série HE (high efficiency) zahrnuje reproduktory s velkou účinností pro oblast nízkých kmitočtů, vhodné zejména pro basové a sólové kytary a modulový systém P.A. s velkou zatížitelností. Parametry reproduktorů ze série HE, potřebné pro návrh uzavřené nebo bassreflexové ozvučnice, jsou v tab. 13. Tabulka je doplněna o další technické údaje charakterizující vlastnosti a kvalitu reproduktorů.

Na obr. 45, 46 a 47 jsou kmitočtové charakteristiky reproduktorů HE 15-300, HE 12-300 a HE 10-200.

Parametry reproduktorů vyráběných v sériích Professional, Disco a Studio jsou shrnuty přehledně v tab. 14. Reproduktory z dosud uvedených sérií jsou určeny pro oblast nízkých a středních kmitočtů.

Jako příklad vysokotónového reproduktoru uvádíme typ BHF 520 s těmito parametry:

Jmenovitá impedance:	8 $\Omega$
Kmitočtový rozsah:	3,5 až 20 kHz.
Zatížitelnost (při aplikaci el. výhybk s $f_0 = 5$ kHz a strmosti 18 dB/okt.):	125 W.
Citlivost:	105 dB/VA/1 m.
Rozměry:	Ø 122,5 mm.



Obr. 44. Kmitočtová charakteristika reproduktoru STUDIO 15B (Fane)

#### 5. Reproduktorové soustavy pro diskotéky

Pro kvalitní ozvučení komponovaných programů a diskoték požadujeme především, aby reproduktorové soustavy měly potřebný kmitočtový rozsah (50 Hz až 16 kHz) a dostatečný příkon. Volbu požadovaného příkonu reproduktorových soustav určuje velikost žádané hladiny akustického tlaku v daném poslechovém prostoru, velikost tohoto prostoru a jeho doba dozvuku.

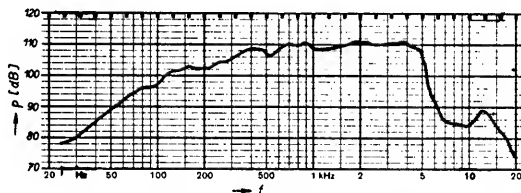
Pro velmi malé a malé poslechové prostory (klubovny, společenské místnosti) do objemu asi 700 m<sup>3</sup> bychom mohli použít reproduktorové soustavy ARS 1054 (ARS 1058), vyráběné v k. p. TESLA Valašské Meziříčí, určené pro kvalitní reprodukci hudby a řeči v bytových interiérech.

##### 5. 1 Reproduktorová soustava ARS 1054 (1058)

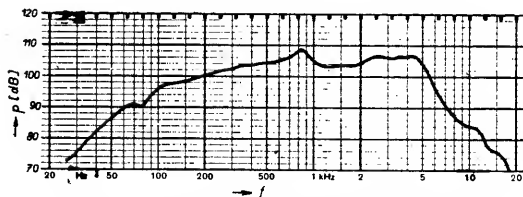
ARS 1054 (ARS 1058) je třípásmová reproduktorová soustava o vnitřním objemu 50 l. Přenos nízkých kmitočtů zajišťuje hlubokotónový reproduktor ARN 8604 (8608), k přenosu středních kmitočtů je použit středotónový reproduktor ARZ 4604 (4608) a vyzařování vysokých kmitočtů zajišťuje vysokotónový reproduktor ARV 3604 (3608).

##### Technické parametry

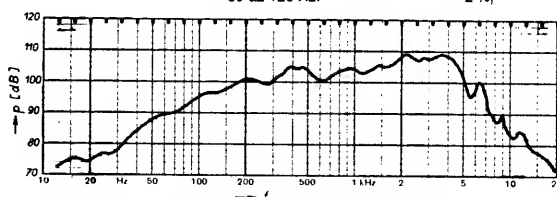
Jmenovitá impedance:	ARS 1054: 4 $\Omega$ , ARS 1058: 8 $\Omega$
Maximální standardní příkon:	40 W.
Špičkový hudební příkon:	120 W.
Kmitočtový rozsah:	30 až 20 000 Hz.
Činitel harmonického zkreslení v pásmu 30 až 125 Hz:	2 %



Obr. 45. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 15-300 (McKenzie)



Obr. 46. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 12-300 (McKenzie)



Obr. 47. Kmitočtová charakteristika reproduktoru HE 10-200 (McKenzie)

Tab. 13. Údaje reproduktorů série HE firmy Mc Kenzie

Typ reproduktoru	HE 15-300	HE 12-300	HE 10-200
Jmenovitá impedance $Z_i$ [ $\Omega$ ]	8 nebo 16	8 nebo 16	8 nebo 16
Zatížitelnost $P$ [W]	300	300	200
Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	45	52	48
Celkový činitel jakosti $Q_e$	0,27	0,29	0,23
Ekvivalentní objem $V_{ekv.}$ [dm <sup>3</sup> ]	210	93	53
Citlivost $\eta$ [dB/VA/m]	105	105	103
Poddajnost kmitacího systému $c_{MS}$ [m.N <sup>-1</sup> ]	4,39.10 <sup>-4</sup>	2,54.10 <sup>-4</sup>	1,79.10 <sup>-4</sup>
Hmotnost kmitacího systému $m_{MS}$ [kg]	0,042	0,040	0,036
Silový činitel $B_l$ [T.m]	18,4	15,2	15,9
Průměr reproduktoru $\phi$ [mm]	394	319	263

125 až 250 Hz: 2 %  
250 až 5000 Hz: 1 %  
(měřeno při akust. tlaku 102 dB ve vzdálenosti 0,5 m od soustavy).

Charakteristická citlivost: 87 dB/VA/1 m.  
Dělicí kmitočty el. výhybk: 800 Hz, 5000 Hz.  
Rozměry: 680 × 400 × 318 mm.  
Hmotnost: 20,5 kg.

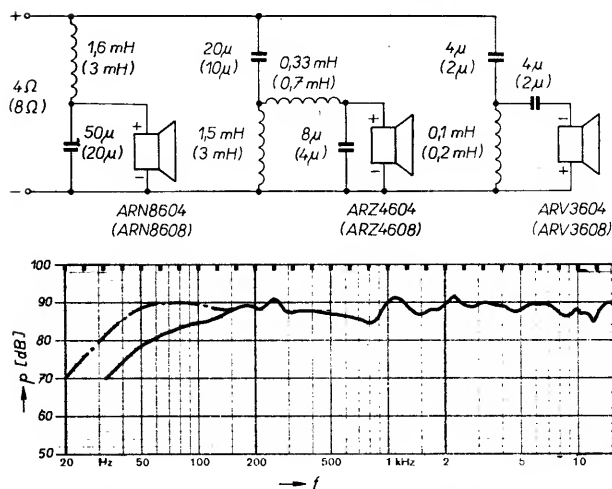
Schéma zapojení elektrické výhybký reproduktorové soustavy ARS 1054 (ARS 1058) je na obr. 48.

Příklad kmitočtové charakteristiky popisované soustavy je na obr. 49.

Třípásmové reproduktorové soustavy se stejným osazením reproduktorů jako u ARS

Tab. 14. Údaje reproduktorů McKenzie sérií Professional, Disco a Studio

Typ reproduktoru	Jmenovitá impedance $Z_1$ [Ω]	Zatížitelnost $P$ [W]	Rezonanční kmitočet $f_r$ [Hz]	Horní mezní kmitočet $f_h$ [kHz]	Citlivost $\eta$ [dB/ 1VA/m]	Průměr reproduktoru $\phi$ [mm]
<b>Série Professional</b>						
10-60 GP	8 nebo 16	60	75	7,5	99	263
10-80 GP	8 nebo 16	80	75	7,5	99	263
10-100 GP	8 nebo 16	100	75	7	100	263
12-50 GP	8 nebo 16	50	70	7	96	311
12-50 TC	8 nebo 16	50	70	14	97	311
12-70 GP	8 nebo 16	70	70	6,5	98	311
12-70 TC	8 nebo 16	70	70	14	98	311
12-85 GP	8 nebo 16	85	65	6,5	98	311
12-85 TC	8 nebo 16	85	65	14	98	311
C 12-85 GP	8 nebo 16	85	45	6,5	98	311
C 12-85 TC	8 nebo 16	85	45	14	97	311
C 12-85 Bass	8 nebo 16	85	45	5	98	311
12-100 GP	8 nebo 16	100	65	6,5	98	311
12-100 TC	8 nebo 16	100	65	14	99	311
C 12-100 GP	8 nebo 16	100	45	6,5	98	311
C 12-100 TC	8 nebo 16	100	45	14	99	311
C 12-100 Bass	8 nebo 16	100	40	5	98	311
GP 15	8 nebo 16	100	45	5	98	394
TC 15	8 nebo 16	100	45	12	99	394
C 15 Bass	8 nebo 16	150	40	4	98	394
<b>Série Disco</b>						
Disco 10-100	8 nebo 16	100	75	6,5	100	263
Disco 12-100 GP	8 nebo 16	100	45	7	99	319
Disco 12-100 TC	8 nebo 16	100	45	14	100	319
Disco 15-100 GP	8 nebo 16	100	45	5	98	394
Disco 15-100 TC	8 nebo 16	100	45	12	99	394
Disco 15-150 Bass	8 nebo 16	150	40	4	98	394
<b>Série Studio</b>						
Studio C10-60	8 nebo 16	60	45	8	97	263
Studio C10-80	8 nebo 16	80	45	8	98	263
Studio C10-100	8 nebo 16	100	45	6	99	263
Studio C12-125 GP	8 nebo 16	125	45	6,5	101	319
Studio C12-125 TC	8 nebo 16	125	45	14	101	319
Studio C12-125 Bass	8 nebo 16	125	40	4,5	98	319
Studio C12-200 GP	8 nebo 16	200	45	6	100	319
Studio C12-200 Bass	8 nebo 16	200	40	4,5	99	319
Studio C15-200 Bass	8 nebo 16	200	40	4	99	394



Obr. 48. Schéma zapojení el. výhybky reproduktorové soustavy ARS 1054 (ARS 1058)

Obr. 49. Příklad kmitočtové charakteristiky reproduktorové soustavy ARS 1054 (plná čára  $4\pi$ , čerchovaná čára  $2\pi$ )

1054 (ARS 1058) a obdobných elektroakustických vlastností vyrábí také podnik ÚV Svazarmu ELEKTRONIKA pod označením RS 634 STUDIO (impedance 4 Ω) a RS 638 STUDIO (impedance 8 Ω). Rozměry soustavy jsou 680 × 420 × 320 mm. Dalším výrobcem reproduktorové soustavy opět s uvedeným osazením reproduktorů je k. p. TESLA Bratislava. Reproduktorová soustava nese označení 1PF 067 71 a má impedance 8 Ω. Její rozměry jsou 660 × 400 × 295 mm.

Pro větší poslechové prostory, kde již s uvedenými reproduktorovými soustavami nevystačíme, jsme z důvodu neexistence vhodných soustav na tuzemském trhu odkázali zpravidla na amatérskou stavbu. Pro zajištění většího příkonu soustavy se velmi často místo jednotlivých reproduktorů zapojují reproduktory dva či tři. Při této příležitosti upozorňujeme na skutečnost, že např. při použití dvou hlubokotónových reproduktorů ARN 8604 (ARN 8608) při zachování stejného dolního mezního kmitočtu soustavy musí být vnitřní objem soustavy dvojnásobný. To je v porovnání s ARS 1054 (ARS 1058) tedy 100 dm<sup>3</sup>. Z toho tedy vidíme, že zvětšovat počet hlubokotónových reproduktorů lze z hlediska neustálého zvětšování objemu a rozměrů soustavy jen do určité míry. Mnohem snadnější je použít reproduktory s požadovanou zatížitelností. To zatím v čs. podmínkách není možné, neboť takové reproduktory se u nás nevyrábějí. Proto z uvedených důvodů pro ozvučení většího prostoru (středních a velkých sálů) a při zachování požadované hladiny akustického tlaku předkládáme čtenářům návrh třípásmové reproduktorové soustavy s reproduktory fy CELESTION.

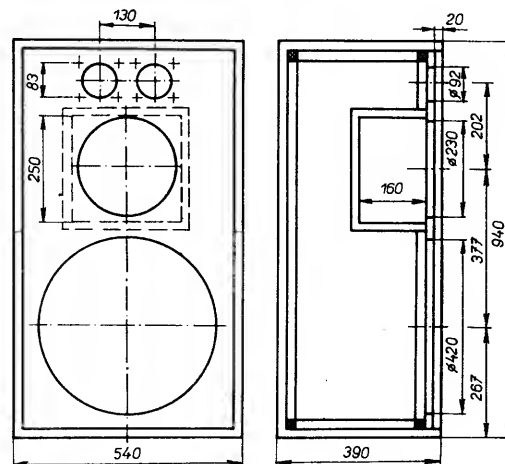
## 5.2 Reproduktorová soustava s reproduktory CELESTION

### Technické parametry

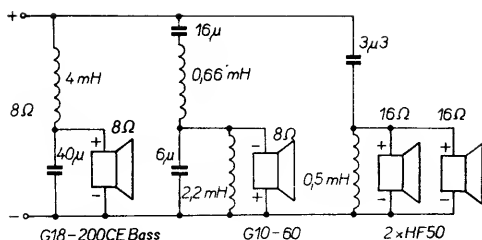
Jmenovitá impedance: 8 Ω.  
Špičkový standardní příkon: 300 W.  
Kmitočtový rozsah: 55 až 16 000 Hz.  
Charakteristická citlivost: 97 dB/VA/1 m.  
Dělicí kmitočty el. výhybky CX 408: 600 Hz až 3000 Hz.  
Osazení reproduktory: G18 – 200 CE Bass, G10 – 60, 2× HF 50.

Druh ozvučnice: uzavřená.  
Rozměry: 540 × 940 × 390 mm.

Ozvučnice reproduktorové soustavy je zhotovena z laťovky nebo překližky tl. 18 mm. Výkresová dokumentace je na obr. 50. Schéma zapojení el. výhybky CX 408 reproduktorové soustavy je na obr. 51. Jako kondenzátory použijeme typy MP v krabíkovém provedení (32 μF + 8 μF; 16 μF; 4 μF + 2 μF). Kapacitu 3,3 μF složíme z kondenzátorů TC 180 (2 μF, 1 μF



Obr. 50. Rozměry a konstrukční uspořádání soustavy s reproduktory Celestion



Obr. 51. Schéma zapojení el. výhybky reproduktorové soustavy s reproduktory Celestion

a 0,33  $\mu$ F). Tlumivku 4 mH realizujeme na jádře EI 32 $\times$ 32 s mezerou 1 mm. Cívku této tlumivky navineme drátem CuL o průměru 1,8 mm, počet závitů je 81. Ostatní tlumivky jsou vzduchové, samonosné, vinuté drátem CuL o  $\varnothing$  1 mm na přípravku o průměru 40 mm a šířce 20 mm. Potřebný počet závitů je pro tlumivku 2,2 mH 215, pro tlumivku 0,66 mH 115 a pro tlumivku 0,5 mH 100.

## 6. Reproduktorové soustavy pro hudební soubory

Z elektroakustického hlediska se pro reprodukci zvuku používají u reproduktorových soustav jak uzavřené, tak bassreflexové ozvučnice. Ke zvětšení citlivosti soustav se velmi často reproduktory v jednotlivých pásmech (hloubky, středy, výšky) opatřují zvukovody. U vysokotónových reproduktorů bývají zvukovody jejich součástí nebo se dodávají jako přídatné zařízení. U středotónových reproduktorů je zvukovod zpravidla dodáván jako přípojitelná součást. U hlubokotónových reproduktorů je zvukovod součástí ozvučnice reproduktorové soustavy.

Zvuk jednotlivých elektronických hudebních nástrojů (sólová i doprovodná kytara, basová kytara, varhany ...) je reprodukován kompaktními reproduktorovými zesilovači. Součástí těchto „kompaktů“ jsou kmitočtové filtry, efektové obvody, výkonový zesilovač a reproduktorová soustava. V některých případech reproduktorová soustava a výkonový zesilovač tvoří samostatné celky.

Koncepce ozvučování hudebních souborů se během svého vývoje ustálila na používání tzv. modulárního systému centrálního ozvučení (systém P. A.). Systém P. A. je tvořen samostatnými ozvučnicemi s reproduktory (sekcí), pracujícími v jednotlivých pásmech. Do jednotlivých pásem (tří nebo čtyř) je signál rozdělován elektronickou výhybkou (crossover) a zesilován výkonovými zesilovači. Elektronická výhybka a výkonové zesilovače jsou samostatná zařízení a nejsou tedy součástí jednotlivých ozvučnic.

Systém P. A. si vyžádal nový druh reproduktorové soustavy, sloužící k odposlechu. V tomto systému ozvučování nejsou hlavní ozvučovací reproduktorové soustavy umístěny za účinkujícími, ale vpředu před nimi směrem do hlediště a tak se účinkující navzájem neslyší. Proto vznikla potřeba umístit před ně odposlechové monitory, které jsou schopny dostatečně ozvučit prostor účinkujících.

### 6.1 Čtyřpásmový reproduktorový systém ARS 2900

Čtyřpásmový reproduktorový systém ARS 2900, tzv. systém P. A., jehož výrobcem je k.p. TESLA Vráble, je určen pro větší hudební soubory a skupiny, případně pro ozvučení velkých diskoték. Svým kmitočtovým rozsahem 40 Hz až 16 kHz a velkým akustickým tlakem je vhodný pro přenos hudby, řeči, zpěvu apod., při ozvučování velkých prostorů, sálů a i volného prostranství.

Systém ARS 2900 se skládá ze čtyř sekcí (subbasová, basová, středová, výšková).

Jednotlivé sekce čtyřpásmového systému přenášejí určená kmitočtová pásma, do kterých je akustický signál rozdělen elektronickou výhybkou (čtyřpásmový crossover) a zesílen výkonovými zesilovači.

Snaha o zkvalitnění reprodukce akustického signálu reproduktorovými soustavami vedla ke změně koncepce přenosového řetězce. Signál z mixážního pultu přichází na vstup elektronické výhybky (crossover), kde je rozdělen do čtyř kmitočtových pásem tak, aby byla zaručena optimální činnost příslušných reproduktorových sekcí co do přenášeného kmitočtového pásma. Dále je možné crossoverem vyrovnat akustický tlak jednotlivých sekcí, mají-li rozdílnou citlivost. Z výstupu crossoveru je signál veden přes výkonové zesilovače, které budí jednotlivé reproduktorové sekce. Elektronická výhybka (crossover) má typové označení AYZ 040. Pracuje na principu aktivních filtrů s přenosovými funkcemi 3. řádu (strmost 18 dB/okt. s poklesem 3 dB na dělicím kmitočtu) s možností přepnutí na nízkých kmitočtech na filtry 2. řádu (strmost 12 dB/okt. s poklesem 6 dB na dělicím kmitočtu). Dělicí kmitočty je možné volit třemi přepínači. Nízké kmitočty 100, 160, 250, 400, 630, 1000 Hz; střední 315, 500, 800, 1250, 2000, 3150 Hz; vysoké 1, 1,6, 2,5, 4, 6,3, 10 kHz. Na vyrovnání výkonových úrovní v jednotlivých pásmech slouží regulátory hlasitosti.

V následujících kapitolách popíšeme jednotlivé sekce čtyřpásmového reproduktorového systému ARS 2900, jehož provedení je na obr. 52.

### 6.2 Subbasová reproduktorová sekce – ARS 2100

Subbasová reproduktorová sekce ARS 2100 je určena pro přenos nejnižších kmitočtů ve velkém čtyřpásmovém systému P. A. Sekce ARS 2100 je vhodná pro ozvučování velkých sálů a volných prostranství.

Subbasová sekce ARS 2100 je vyrobena z laťovky o tloušťce 19 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany skříně jsou chráněny hliníkovým profilem. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které umožňují klást skříně na sebe a vedle sebe do sestav a zároveň ji chrání proti poškození při nárazech a přenášení. Přípo-

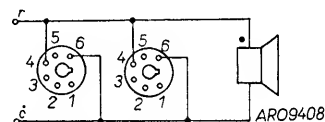
ná místa s typovým štítkem jsou na zadní straně reproduktorové sekce. Rukojeti na bočních stěnách umožňují snadné přenášení. Pro lepší manipulaci při umísťování na podílech je sekce vybavena kolečky.

Pro buzení subbasové reproduktorové sekce výrobce doporučuje všechny typy výkonových zesilovačů s výstupním výkonem 100 W pracující se zatěžovací impedancí 8  $\Omega$ . Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit elektronickou výhybkou. Jako výkonové zesilovače doporučuje typy AZK 193, AZK 210 apod.

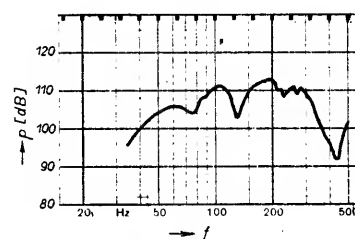
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 $\Omega$ +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Hudební příkon:	200 VA.
Charakteristická citlivost v pásmu 80 až 300 Hz:	100 dB $\pm$ 2 dB.
Doporučený dělicí kmitočet:	200 Hz.
Rozměry (š $\times$ v $\times$ h):	1030 $\times$ 535 $\times$ 1085 mm.
Hmotnost:	64 kg.
Osazení reproduktory:	1 $\times$ ARO 9408.

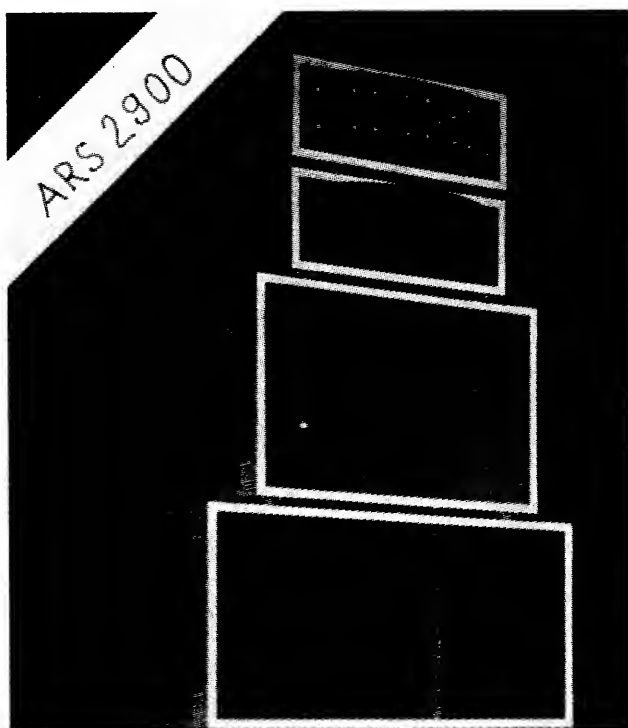
Schéma zapojení subbasové sekce ARS 2100 je na obr. 53. Příklad kmitočtové charakteristiky měřené ve vzdálenosti 1 m při příkonu 10 W je uveden na obr. 54.



Obr. 53. Schéma zapojení subbasové sekce ARS 2100



Obr. 54. Příklad kmitočtové charakteristiky subbasové sekce ARS 2100



Obr. 52. Provedení čtyřpásmového reproduktorového systému ARS 2900

### 6.3 Basová reproduktorová sekce ARS 2300

Basová sekce ARS 2300 je určena pro přenos nízkých kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A. Celý systém je vhodný pro ozvučování velkých prostorů.

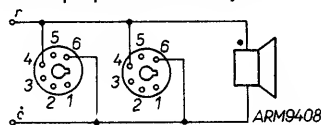
Sekce ARS 2300 je vyrobena z laťovky tl. 19 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou chráněny hliníkovým profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které umožňují pokládat skříně na sebe a vedle sebe do sestav a zároveň chrání skříně proti poškození při nárazech a přenášení. Basová sekce je osazena jedním reproduktorem ARM 9408. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Rukojeti na bočních stěnách umožňují snadné přenášení.

Pro buzení basové sekce jsou vhodné všechny typy výkonových zesilovačů s výstupním výkonem 150 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit elektronickou výhybkou. Jako výkonové zesilovače doporučuje výrobce typy AZK 193, AZK 210, 220 apod.

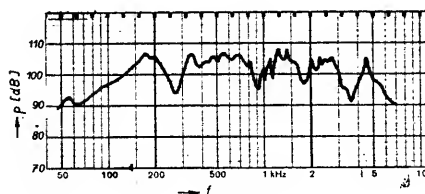
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	150 VA.
Maximální hudební příkon:	300 VA.
Charakteristická citlivost:	104 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	50 Hz až 6000 Hz.
Doporučené dělicí kmitočty:	200 Hz, 1250 Hz.
Rozměry:	735 × 535 × 615 mm
Hmotnost:	41,5 kg.
Osazení reproduktory:	1 × ARM 9408.

Schéma zapojení basové sekce ARS 2300 je na obr. 55. Příklad kmitočtové charakteristiky basové sekce měřené ve vzdálenosti 3 m při příkonu 10 W je na obr. 56.



Obr. 55. Schéma zapojení basové sekce ARS 2300



Obr. 56. Příklad kmitočtové charakteristiky basové sekce ARS 2300

### 6.4 Středová reproduktorová sekce ARS 2500

Středová sekce ARS 2500 je určena pro přenos středních kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A.

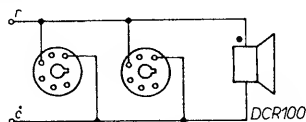
Sekce je vyrobena z laťovky tl. 17 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou chráněny hliníkovým profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty. Středová sekce je osazena tlakovým reproduktorem DCR 100 se zvukovodem RH 100 firmy CELESTION. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Na bocích jsou rukojeti pro snadné přenášení.

Pro buzení středové reproduktorové sekce lze použít všechny výkonové zesilovače s výkonem 100 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Výrobce doporučuje typy AZK 193, AZK 210 apod.

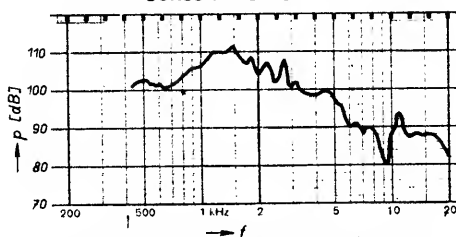
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Maximální hudební příkon:	150 VA.
Charakteristická citlivost:	106 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	500 Hz až 6300 Hz.
Doporučené dělicí kmitočty a strmost:	1250 Hz (+18 dB/okt.), 4000 Hz (-18 dB/okt.).
Rozměry:	618 × 260 × 546 mm
Hmotnost:	20 kg.
Osazení reproduktory:	1 × DCR100 + RH 100.

Schéma zapojení středové sekce je na obr. 57 a příklad kmitočtové charakteristiky měřené ve vzdálenosti 3 m a při příkonu 3 W je na obr. 58.



Obr. 57. Schéma zapojení středové sekce ARS 2500



Obr. 58. Příklad kmitočtové charakteristiky středové sekce ARS 2500

### 6.5 Výšková reproduktorová sekce ARS 2700

Výšková sekce ARS 2700 je určena pro přenos vysokých kmitočtů ve velkém modulárním systému P. A.

Sekce je vyrobena z laťovky tl. 19 mm. Povrch skříně je potažen koženkou černé barvy. Hrany jsou stejné jako u předchozích sekcí chráněny profilem L 20 × 20 mm. V rozích jsou masivní výlisky z plastické hmoty, které chrání skříně před poškozením.

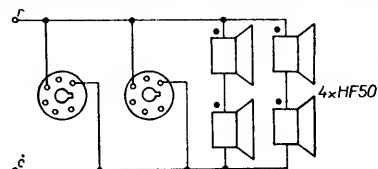
Výšková sekce je osazena čtyřmi tlakovými reproduktory HF 50 firmy CELESTION. Připojné místo s typovým štítkem je na zadní stěně. Rukojeti na boku umožňují snadnou manipulaci.

Pro buzení výškové reproduktorové sekce jsou vhodné výkonové zesilovače s výstupním výkonem 100 W a zatěžovací impedancí 8 Ω. Kmitočtové pásmo doporučuje výrobce dělit aktivní elektronickou výhybkou (crossover).

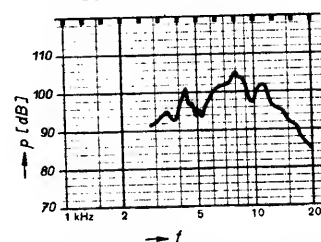
#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50, -10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Maximální hudební příkon:	150 VA.
Charakteristická citlivost:	100 dB ±2 dB.
Kmitočtový rozsah:	2 kHz až 16 kHz.
Doporučený dělicí kmitočť a strmost:	4 kHz (+18 dB/okt.)
Rozměry:	618 × 260 × 546 mm
Hmotnost:	24 kg.
Osazení reproduktory:	4 × HF 50.

Schéma zapojení výškové sekce ARS 2700 je na obr. 59. Příklad kmitočtové charakteristiky výškové sekce měřené ve vzdálenosti 3 m a při příkonu 10 W je na obr. 60.



Obr. 59. Schéma zapojení výškové sekce ARS 2700



Obr. 60. Příklad kmitočtové charakteristiky výškové sekce ARS 2700

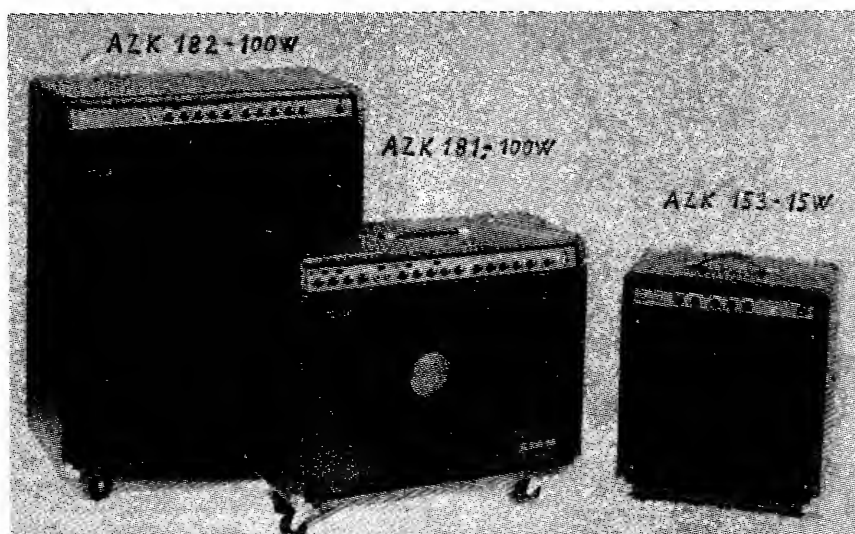
### 6.6 Kompaktní kytarové zesilovače

Kytarové „kompakty“ jsou kombinací reproduktorové spustavy a zesilovače. Hlavní výhodou takového uspořádání jsou menší hmotnost, menší rozměry a z toho vyplývající snadná manipulovatelnost a lepší skladnost při převozu. Celkový vzhled kytarových kompaktních je na obr. 61.

AZK 153 – 15 W (G 15 – 208)

Tento nejmenší „kompakt“ je určen ke zpracování signálů z elektrofonické kytary, baskytary a dalších nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Svým výkonem a vybavením je vhodný pro cvičné účely a pro začínající hudební skupiny.

Napěťová část obsahuje dva vstupy, s malou a velkou citlivostí. Výkonová část obsahuje zesilovač s výkonem 15 W. Pro



Obr. 61. Celkový vzhled kompaktních kytarových zesilovačů

tišší poslech slouží sluchátkový výstup. Reprodukční soustava je osazena dvěma reproduktory ARO 6608.

#### AZK 181 – 100 W (G 100 – 115)

Tento kytarový kompakt je určen k zesílení signálů především z elektrofonické kytary. Můžeme ho použít i ke zpracování signálů z klávesových nástrojů (varhany, klavír, syntetizér apod.), případně jiných hudebních nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Zesilovač se skládá z napěťové a výkonové části. Napěťová část je rozdělena na dva kanály, efektovy B a normální A. Efektový kanál má dvojí regulaci hlasitosti (MASTER, GAIN) s měkkou limitací signálů. Dále obsahuje korektor basy-střední-výšky.

Kanál A je klasického provedení s regulací a korektorem basy-střední-výšky. Kanály lze přepínat z ovládacího panelu nebo dálkově nožním spínačem. Kromě plynulých pasivních korektorů jsou oba kanály vybaveny tlačítky BR (úzká charakteristika) a FAT (široká charakteristika) na dodatečné zdůraznění vysokých kmitočtů. Ve společné větvi napěťové části je zařazen 5pásmový korektor a pružinový dozvuk (hall), které se uvádějí do činnosti nožním spínačem. Kromě vstupů pro nástroje obsahuje zesilovač i vstup a výstup pro magnetofon (efekt, echo) a tzv. linkový výstup 1 V.

Reprodukční soustava je osazena reproduktorem ARM 9408 s příkonem 150 W a jmenovitou impedancí 8 Ω.

#### AZK 182 – 100 W (B 100 – 115)

Baskytarový „kompakt“ AZK 182 – 100 W je určen především k zesílení signálů z elektrofonické baskytary, případně jiných hudebních nástrojů s vlastním elektroakustickým měničem. Zesilovač se skládá z napěťové a výkonové části. Napěťová část s jedním kanálem obsahuje dva vstupy, s malou a velkou citlivostí, regulátor hlasitosti, regulátor kompresoru, spínač kompresoru a indikaci jeho sepnutí. Kompresor můžeme ovládat i nožním spínačem. Dále korektor basy-střední-výšky a pětispásmový ekvalizér. K zesilovači je možné připojit externí reproduktorovou soustavu s impedancí 8 Ω pro příkon 100 W. Kromě výkonového výstupu obsahuje „kompakt“ i výstup 1 V.

Reprodukční soustava je osazena reproduktorem ARO 9408 o impedanci 8 Ω.

Všechny uvedené kompakty jsou vyráběny v k. p. TESLA Vráble. Proti zkratu na výstupu jsou chráněny elektronickou pojistkou a proti tepelnému přetížení tepelnou pojistkou. Obsahují též obvod na ochranu reproduktorů.

### 6.7 Kompaktní zesilovač pro klávesové nástroje, AZK 193 (K 100 – 115)

Kompaktní zesilovač AZK 193 pro klávesové nástroje, jehož výrobcem je k. p. TESLA Vráble, je určen k zesílení signálů z šesti klávesových nástrojů se samostatnou úpravou signálů ve třech kanálech s možností připojit efektové zařízení pro výsledný signál.

Kompaktní zesilovač pro klávesové nástroje tvoří kombinaci reproduktorové soustavy a zesilovače. Dřevěná skříň tvoří reproduktorovou soustavu a zároveň je nosnou částí zesilovače. Povrch skříně je potažen černou koženkou. Ve spodní části jsou umístěna čtyři kolečka, umožňující snadnou manipulaci. K přenášení slouží dvě rukojeti na bocích skřínky. Reprodukční jsou z přední strany proti poškození chráněny kovovým sítím. Zesilovač je umístěn v horní části skřínky. Ovládací prvky a vstupy jsou na předním panelu. Na zadním panelu je přívod sítě, síťová pojistka, přípojná zásuvka pro externí reproduktorovou soustavu a zásuvky pro výstup 1 V.

Kompaktní zesilovač obsahuje tři kanály, 1, 2 a 3. Kanály 1 a 2 jsou shodné, střední kmitočty korektoru jsou 50 Hz, 500 Hz a 5 kHz. Kanál 3 má odlišné střední kmitočty 100 Hz, 1 kHz a 10 kHz.

Každý kanál je řešen jako dvouvstupový s citlivostmi 30 mV pro slabé signály – vstup L a 100 mV pro silné signály – vstup H. Na jednotlivé vstupy navazují dva předzesilovače s regulací zisku asi 15 dB a s výstupním napětím 1 V. Signál z obou předzesilovačů je sloučen součtovým obvodem a upraven třípásmovým korektorem. Přepínač FAT umožňuje přidávat zdůraznění výšek, přepínač BRIL zvětšuje šířku pásma výškového korektoru.

Výstupní signál z korektoru je přiváděn do součtového zesilovače a také na indikátor vybití. V zesilovači se sčítají kmitočtové upravené signály jednotlivých kanálů. Výstupní signál může být dále zpracován ještě externím efektového zařízením.

Reprodukční soustava je osazena reproduktorem ARO 9408 a 8 × ARV 161.

Koncový zesilovač je chráněn proti tepelnému přetížení termostatem.

#### Technické parametry

Napájecí napětí:	220 V/50 Hz.
Jmenovitý výstupní výkon:	100 W/8 Ω.
Hudební výkon:	130 W/8 Ω.
Příkon při jmenovitém buzení:	200 W.
Vstupní napětí a impedance	
vstup H:	30 mV/200 kΩ.
vstup L:	100 mV/200 kΩ.
vstup 1 V:	1 V/10 kΩ.

#### Technické parametry

	AZK181	AZK 182	AZK 153
Napájecí napětí:	sít.	sít.	sít.
Jmenovitý sin. výkon:	100 W/8 Ω	100 W/8 Ω	15 W/4 Ω
Hudební výkon:	130 W/8 Ω	130 W/8 Ω	25 W/4 Ω
Příkon při jmen. buzení:	200 W	200 W	40 W.
Vstupní napětí/impedance 200 kΩ			
vstup B:	10 mV	10 mV	10 mV.
	100 mV	100 mV	100 mV.
vstup A:	50 mV	–	–
	500 mV	–	–
efekt.:	250 mV/10 kΩ	–	–
Výst. napětí a impedance:	1 V/1 kΩ	1 V/1 kΩ, sluch.	1,8 V/120 Ω
echo:	4 až 8 mV/10 kΩ	–	–
Odstup signálu základní:	80 dB	80 dB	80 dB
vstup A:	70 dB	–	–
vstup B:	62 dB	COMPR 62 dB	HIGH 64 dB
Rozsah korekcí ekvalizéru:	±12 dB	±12 dB	–
Osazení reproduktory:	ARM 9408	ARO 9408	2 × ARO 6608
Rozměry:	690 × 610 × 290 mm	686 × 888 × 325 mm	450 × 320 × 283 mm
Hmotnost:	35 kg	49 kg	14,5 kg.

#### Výstupní napětí a impedance

výstup 1 V:	1 V/1 kΩ,
výstup pro efekty:	1 V/10 kΩ.

#### Činitel harmonického zkreslení

63 Hz:	k < 0,4 %
1 kHz:	k < 0,1 %
8 kHz:	k < 0,4 %

#### Odstup signálu od cizích napětí

základní:	80 dB,
přes kanál:	76 dB,
Rozsah korekcí:	±15 dB.

#### Osazení reproduktory:

	1 × ARO 9408,
	8 × ARV 168.

Rozměry:	686 × 888 × 325 mm.
Hmotnost:	45 kg.

### 6.8 Odposlechová reproduktorová soustava ARS 6901

Současný trend při ozvučování sálu, klubů a volných prostranství centrálním ozvučovací systémem (systém P. A.) si vyžádal, jak bylo uvedeno, nový druh reproduktorové soustavy, sloužící k odposlechu.

Odposlechové reproduktorové soustavy ARS 6901 (k. p. TESLA Vráble) jsou určeny svým kmitočtovým rozsahem k přenosu širokého pásma kmitočtů 50 Hz až 16 000 Hz (v poli 15 dB). Svým příkonem, citlivostí a tvarem vyhovují jako odposlechové monitory, které jsou schopny dostatečně ozvučit prostor pro účinkující v sálech, klubech i volném prostranství v centrálním systému ozvučení (systém P.A.).

Odposlechová reproduktorová soustava ARS 6901 je dvoupásmová, osazená reproduktory ARO 9408 a ARV 168. Vnitřní objem ozvučnice je 80 dm<sup>3</sup>. Povrch je potažen koženkou, rohy jsou chráněny proti nešetrnému zacházení kování. Reprodukční z přední strany chrání kovová síťka. Na bocích jsou dvě rukojeti pro snadné přenášení soustavy.

ARS 6901 může pracovat s libovolným výkonovým zesilovačem se zatěžovací impedancí 8 Ω a výkonem do 100 W.

#### Technické parametry

Jmenovitá impedance:	8 Ω +50 –10 %.
Maximální standardní příkon:	100 VA.
Hudební příkon:	200 VA.
Charakteristická citlivost:	100 dB (min. 98 dB).
Kmitočtový rozsah:	50 Hz až 16 000 Hz (pásmo 15 dB).

#### Činitel harmonického zkreslení

50 až 250 Hz:	4 %
250 až 5000 Hz:	3 %

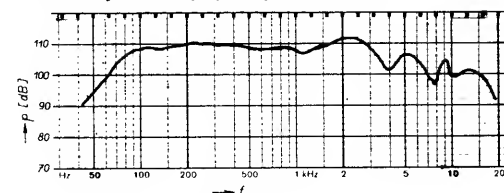
#### Rozměry:

	685 × 415 × 506 mm.
--	---------------------

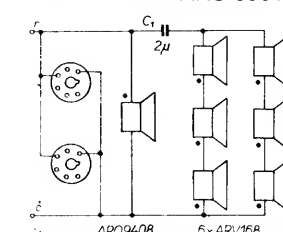
#### Hmotnost:

	30 kg.
--	--------

Příklad kmitočtové charakteristiky odposlechové soustavy měřené ve vzdálenosti 2 m a při příkonu 10 W je na obr. 62. Schéma zapojení je na obr. 63 a celkový vzhled je patrný z obr. 64.

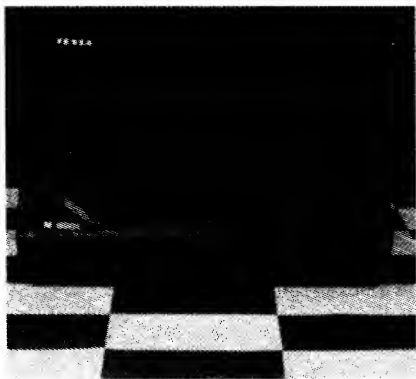


Obr. 62. Příklad kmitočtové charakteristiky odposlechové soustavy ARS 6901



Obr. 63. ARS 6901





Obr. 64. Celkový vzhled odposlechové reprosoustavy ARS 6901

## 6. 9 Čtyřpásmová reproduktorová soustava

### Návrh vyzařovacích jednotek

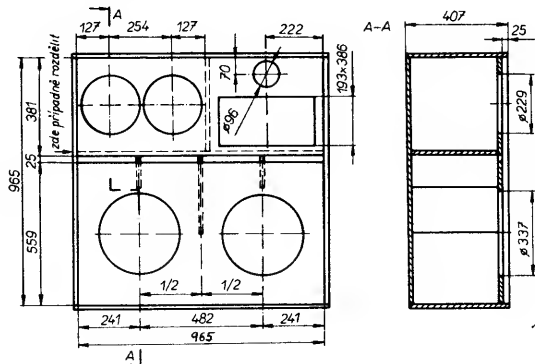
Pro přenos nejnižších kmitočtů jsou určeny dva reproduktory firmy FANE STUDIO 15B. Nízké a část signálů středních kmitočtů přenáší dva reproduktory firmy McKenzie 10 – 100 GP. Oblast středních a část pásma vysokých kmitočtů je vyzařována reproduktorem HF 100 (FANE) se zvukovodem HF 100 HORN, a pro vysoké kmitočty je určen reproduktor HF 250 (FANE).

### Ozvučnice

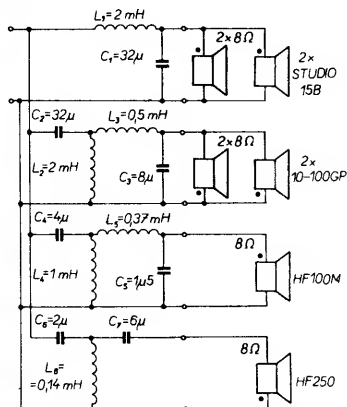
Pro tuto reproduktorovou soustavu je použita bassreflexová ozvučnice. Ozvučnice je zhotovena z laťky tl. 18 mm. Bassreflexový rezonátor je tvořen úzkou štěrbinou ve střední části ozvučnice. Rozměry rezonátoru jsou 965 × 25 × 18 mm. Vnitřní prostor ozvučnice je rozdělen na tři části. V části o objemu 187 dm<sup>3</sup> jsou umístěny reproduktory pro nejnižší pásmo kmitočtů (STUDIO 15B), ve druhé o objemu 70 dm<sup>3</sup> je umístěna dvojice reproduktorů pro nízké a část středních kmitočtů (10 – 100 GP) a ve zbylé třetí části jsou vysokotónové reproduktory (HF 100M se zvukovodem a HF 250). Pro vyztužení přední stěny ozvučnice jsou v části o objemu 187 dm<sup>3</sup> umístěny mezi přední a zadní stěnou tři desky z laťky o tl. 18 mm.

Přední stěna je zapuštěna o 25 mm, což umožňuje použít dřevěný rámeček, potažený prodyšnou tkaninou.

Pro snadnější přenášení a manipulaci se soustavou doporučujeme ozvučnici rozdělit na dvě části a to v místě nad basreflexovým otvorem. Tato úprava vyžaduje navíc desku tl. 18 mm o rozměrech 965 × 346 mm. Popsanou úpravou vzniknou tedy dvě samo-



Obr. 65. Rozměry a konstrukční uspořádání ozvučnice čtyřpásmové soustavy



Obr. 66. Schéma zapojení výhybky čtyřpásmové soustavy

statné ozvučnice o rozměrech 965 × 620 × 407 mm a 965 × 399 × 407 mm. Rozměry a konstrukční uspořádání ozvučnice jsou na obr. 65.

### Výhybka soustavy

Pro tuto reproduktorovou soustavu byla zvolena kombinace pasivní výhybky druhého a třetího řádu. Schéma zapojení výhybky je na obr. 66; výhybka byla navržena s ohledem na vyráběnou řadu kondenzátorů v krabicovém provedení MP 2, 4, 8, 16 a 32 µF. Tlumivky o indukčnosti 2 mH byly zhotoveny na jádře EI 32 × 32 s mezerou 1 mm. Cívky uvedených tlumivek navineme drátem CuL o Ø 1,8 mm, počet závitů je 57. Tlumivka o indukčnosti 0,37 mH je samonosná, vzduchová. Je vinuta drátem CuL o Ø 1 mm na přípravku o Ø 40 mm a šířce 20 mm. Počet závitů je 85. Tlumivky 0,14 mH, 1 mH a 0,5 mH jsou vinuty stejným způsobem jako pro výhybku na obr. 51. Potřebný počet závitů je 45 u tlumivky 0,14 mH, 150 u tlumivky 1 mH a 100 u tlumivky 0,5 mH. Jednotlivé součástky výhybky jsou připevněny na pertinaxové podložce tl. 5 mm, která je umístěna na dně ozvučnice.

Pro uvedenou reproduktorovou soustavu můžeme použít též elektronickou výhybku (crossover) nebo kombinaci pasivní a aktivní výhybky. Výsledné elektroakustické vlastnosti soustavy při dodržení stejných dělicích kmitočtů (629, 2518 a 6759 Hz) zůstanou zachovány.

## Technické parametry

Jmenovitá impedance: 4 Ω.  
Kmitočtový rozsah: 40 Hz až 20 kHz.  
Charakteristická citlivost: 102 dB/V<sub>A</sub>/1 m.  
Špičkový standardní příkon: 400 W.  
Použité reproduktory: 2× STUDIO 15B (FANE), 2× 10–100 GP (McKenzie), 1× HF 100M + zvukovod HF 100 HORN (FANE), 1× HF 250 (FANE).

Pozn.: Původní reproduktory STUDIO 10M (FANE) byly v našem případě nahrazeny reproduktory 10–100 GP (McKenzie).

Výhybka: 12 dB/okt. a 18 dB/okt.  
Rozměry: 1001 × 1001 × 407 mm.

Příklad kmitočtové charakteristiky soustavy měřené ve vzdálenosti 1 m při příkonu 1 VA je na obr. 67.

## 7. Ozvučování

Ozvučováním rozumíme zásobování určitého ohraničeného prostoru (místnosti, sálu nebo volné plochy) zvukovým signálem, zajišťujícím jakostní poslech reprodukováného signálu. Je-li přímo ve sledovaném prostoru i zdroj signálu (zpěvák, orchestr atd.) a jeho zvuk je pouze zesilován k zajištění průměrné hlasitosti v celé ploše poslechu (auditoriu), používáme pro zpřesnění názvu přizvučování.

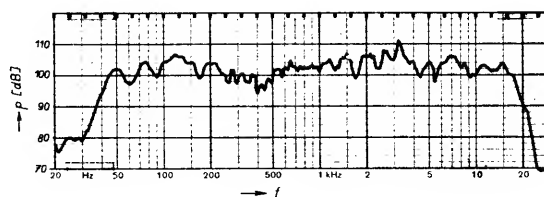
### 7. 1 Prostor jako přenosový článek

Mezi zdrojem zvuku a posluchačem je jako přenosový člen elektroakustického řetězce uzavřený prostor. Svými vlastnostmi významnou měrou ovlivňuje přenášený akustický signál. Při návrhu ozvučovací soustavy je prostor se svými vlastnostmi dán, ale přesto bychom se měli alespoň částečně seznámit se zákonitostmi, podmínkami přenosu zvukového signálu prostorem.

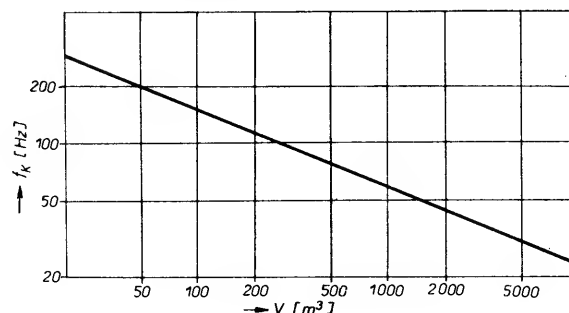
Stejně jako každé mechanické těleso, má i prostor své vlastní kmity. Kmitočty těchto vlastních kmitů je dán geometrickými rozměry prostoru a u jednoduchých geometrických tvarů jej můžeme určit výpočtem. Pro kvádr se stranami  $a$ ,  $b$ ,  $h$  (m), jsou vlastní kmity dány vztahem

$$f = c/2 \cdot \sqrt{(n_a/a)^2 + (n_b/b)^2 + (n_h/h)^2},$$

kde  $c = 344$  je rychlost zvuku (m/s) a  $n_a$ ,  $n_b$  a  $n_h$  jsou libovolně zvolená celá čísla (0, 1, 2,



Obr. 67. Příklad kmitočtové charakteristiky čtyřpásmové soustavy



Obr. 68. Dolní kritický kmitočet prostoru



3...). Pro každou kombinaci čísel  $n_a$ ,  $n_b$  a  $n_h$  vypočítáme jeden vlastní kmit prostoru, získáme tak nekonečnou řadu kmitočtů, která je směrem k vyšším kmitočtům stále hustší. Na každém z těchto kmitočtů může prostor při výbuze rezonovat, a tak zdůraznit signál až o desítky decibelů. U dostatečně velké místnosti (sálu) jsou tyto kmitočty naštěstí tak těsné u sebe, že posloucháme vlastně téměř souvislou řadu zdůrazňovaných kmitočtů a pouze u hlubokých kmitočtů mezi nimi najdeme větší rozestupy.

Vlastní kmity prostoru uvádíme spíše pro objasnění daného problému a v praxi nemá smysl je stanovovat, protože jakákoli odchylka prostoru od pravouhlého tvaru (i vnitřní zástavba prostoru) vypočítané kmitočty změní.

Mnohem důležitější je, od kterého kmitočtu je jakost poslechu do určité míry nezávislá na vlastních kmitech prostoru. Při respektování tlumení vlastních kmitů (vyjádřené pomocí doby dozvuku  $T$  prostoru) můžeme odvodit pro dolní kritický kmitočet  $f_k$  prostoru o objemu  $V$  vztah

$$f_k = 2000 \sqrt{T/V} \quad [\text{Hz, s, m}^3].$$

Graf na obr. 68 udává dolní kritický kmitočet, je-li doba dozvuku  $T$  rovna průměrné hodnotě v prostoru s daným objemem. Graf tedy slouží k rychlé orientaci, do jakého kmitočtu bude poslechový vjem závislý jak na umístění zdroje zvuku, tak i na místě poslechu, přestože bude toto místo v dozvukovém poli.

V praxi se s výše popsanými zákonitostmi setkáváme v některých sálech jak při provozování reprodukcí hudby (diskotéky), tak při vystoupeních hudebních souborů. Projeví se v určitých pasážích hudebního snímku zpravidla v oblasti nízkých kmitočtů tzv. „duněním“ sálu. Technickými prostředky je možné tento jev částečně eliminovat použitím kmitočtového ekvalizéru, jímž signály zdůrazňovaných kmitočtů potlačíme.

## 7.2 Dozvuk, doba dozvuku, dozvuková vzdálenost

Přestane-li být zvuk zářičem vyzařován, v uzavřeném prostoru po určitou dobu ještě dozívá; až teprve po určité době je všechna akustická energie pohlcena. Zmenšování akustického tlaku má v závislosti na čase exponenciální průběh. Dobu, za níž se hladina akustického tlaku zmenší o 60 dB, nazýváme dobou dozvuku.

Doba dozvuku je velmi důležitým kritériem pro hodnocení kvality subjektivního vnímání zvuku v uzavřeném prostoru. Je-li doba dozvuku krátká, zvuk zní podobně jako ve volném prostoru („usekaně“), dozvuk se na tvorbě sluchového vjemu podílí jen nepodstatnou měrou. Naopak příliš dlouhá doba dozvuku „zatemňuje“ zvukový signál. Zkušenosti byly nalezeny optimální doby dozvuku pro určitý signál a určitou velikost prostoru. Tyto doporučené doby dozvuku pro kmitočty 500 Hz jsou v grafu na obr. 69.

Určující veličinou doby dozvuku je jednak velikost uzavřeného prostoru, jednak celko-

vá pohltivost prostoru. Pro dobu dozvuku  $T$  [s] byl Sabine odvozen pro objem  $V$  a celkovou pohltivost  $A = \sum \alpha_i S_i$  ( $\alpha_i$  [–] jsou činitele pohltivosti materiálů a  $S_i$  [m<sup>2</sup>] dílčí plochy) vztah

$$T_s = \frac{0,164V}{A} \quad [s; \text{m}^3, \text{m}^2].$$

Připomínáme, že činitele pohltivosti materiálů jsou závislé na kmitočtu. Např. tkanina volně řasená před stěnou má činitel pohltivosti 0,04 při kmitočtu 125 Hz a 0,4 při kmitočtu 4000 Hz. Pro víceúčelové sály (řeč, hudba, společenské události) vyhovuje dobře při určování optimální doby dozvuku empirický vztah

$$T_o = \frac{3}{8} \log V \quad [s; \text{m}^3].$$

Dozvuková vzdálenost  $l_d$  [m] je taková vzdálenost od zdroje zvuku v uzavřeném prostoru, ve které se sobě rovnají hustoty zvukové energie volného a difúzního pole. V technice ozvučování je to velmi důležitý pojem, neboť určuje dělicí hranici, kam až dosahuje pole přímých vln. Je-li zdroj zvuku všesměrový, je dozvuková vzdálenost ve všech směrech stejná a hovoříme pak o poměru dozvuku (nebo dozívání)  $r_d$  [m], který je definován vztahem

$$r_d = \sqrt{A/(16\pi)} = 0,14 \sqrt{A} = \sqrt{V/(314T)},$$

kde  $A$  [m<sup>2</sup>] je pohltivost,  $V$  [m<sup>3</sup>] objem a  $T$  [s] doba dozvuku.

Má-li akustický vysílač činitel směrovosti  $Q_v$  a akustický přijímač činitel směrovosti  $Q_p$ , bude dozvuková vzdálenost  $l_d$  [m] určena vztahem

$$l_d = r_d \sqrt{Q_v Q_p} = 0,14 \sqrt{A Q_v Q_p}.$$

Dozvuková vzdálenost závisí prostřednictvím činitele směrovosti i na poloze a umístění akustického vysílače v prostoru.

## 7.3 Potřebné příkony zářičů pro ozvučování

K dosažení doporučené poslechové hlasitosti v ozvučovaném prostoru je potřebné určit příkony zářičů pro celý ozvučovaný prostor.

Je nutné zásadně rozlišovat, zda jde o ozvučovací soustavu pro uzavřené prostory nebo prostor volný.

Pro přibližný odhad vystačíme s empirickými vztahy, které však u soustav s velkým počtem zářičů ztrácejí potřebnou přesnost. Pro uzavřený prostor s obvyklou pohltivostí k dané velikosti prostoru platí pro potřebný elektrický příkon všech zářičů v prostoru vztah

$$P_p = k_1 \sqrt[3]{V} \quad [W; W/m^2, m^3],$$

kde  $k_1$  je násobící součinitel podle žánru a účelu (viz tab. 15),  $V$  je objem prostoru.

Odhad pro volné plochy vychází z potřebného příkonu pro 1 m<sup>2</sup> ozvučovací plochy. Zde je možné uvažovat nejvýše dobrý přenos, nikoli hi-fi a proto se předpokládá účinnost asi 3 % a rovnoměrné rozložení reproduktorů v ozařované ploše. Pak lze uvažovat

součinitel  $k_1 = 0,005 W/m^2$  pro menší plochy (do několika tisíc metrů čtverečních) a  $k_1 = 0,002 W/m^2$  pro velké plochy. Potřebný příkon je (pro  $L_p \approx 85$  dB)

$$P_p = k_1 S \quad [W; W/m^2, m^2],$$

kde  $S$  je ozvučovaná plocha. Přesněji lze udat součinitel  $k_1$  takto

pro plochy do	1 000 m <sup>2</sup>	je 5 mW/m <sup>2</sup> ,
	10 000 m <sup>2</sup>	4 mW/m <sup>2</sup> ,
	25 000 m <sup>2</sup>	3 mW/m <sup>2</sup> ,
	40 000 m <sup>2</sup>	2 mW/m <sup>2</sup> .

Volba součinitele pro určení elektrického příkonu dovoluje až 100% nepřesnost v odhadu, proto je vždy výhodnější určit potřebný příkon podle vztahů, které uvedeme v následujících kapitolách.

## 7.4 Příkon ozvučovací soustavy v uzavřeném prostoru

V uzavřeném prostoru musíme respektovat mnohonásobné odrazy od stěn v místnosti, kterými se v difúzním poli prostoru vytvoří určitá hladina, dozívající podle pohltivosti prostoru. V blízkosti zářičů je ve volném poli vybudována přímými vlnami vyšší hladina, protože jsou však běžné poslechová místa rozmístěna v difúzním poli, určujeme při výpočtu potřebného příkonu hladinu v difúzním poli. Většina poslechových míst je v oblasti difúzního pole, jak ukazuje tab. 16, v níž jsou pro různé objemy místnosti za předpokladu, že doba dozvuku  $T = (3/8) \log V$ , určeny dozvukové vzdálenosti.

Vyděme-li z hustoty zvukové energie v difúzním poli, můžeme odvodit základní vztah

$$P_p = \frac{p^2 A}{4Z_0}$$

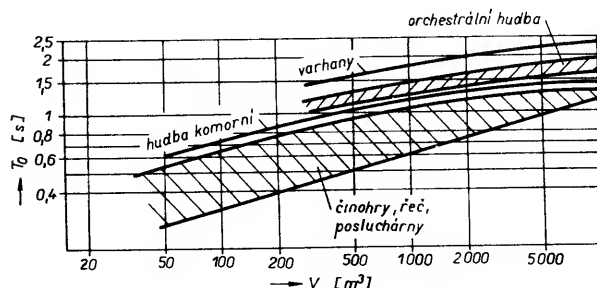
kde  $Z_0$  je akustický vlnový odpor prostředí (Pa · s/m), a po úpravách dostáváme pro potřebný elektrický příkon

$$P_p = \frac{p^2 V \cdot 10^{-2}}{\eta T} = \frac{V}{\eta T} 10^{(L_p - 114)/10}$$

kde  $P_p$  je příkon zářičů (W),  
 $V$  objem ozvučovaného prostoru (m<sup>3</sup>),  
 $\eta$  účinnost použitých zářičů (%),  
 $T$  doba dozvuku ozvučovaného prostoru (s),  
 $L_p$  požadovaná hladina akustického tlaku (dB).

Pro rychlou orientaci jsou v tab. 16 potřebné příkony zářičů; údaje v tabulce slouží pouze k orientaci, protože např. údaje povrchů stěn jsou pouze přibližné (a proto i střední činitel pohltivosti). Zvýšení poslechové hladiny o 6 dB znamená zvětšení příkonu čtyřikrát. Pro obvyklou přebuditelnost 12 dB by musel být příkon v závorkách ještě čtyřikrát větší.

Při určování příkonu zářiče podle výše uvedeného vztahu je pro určitou požadovanou hladinu hlasitosti nutno znát účinnost použitých zářičů, která není výrobcem obvykle udávána. Prakticky vždy známe charakteristickou citlivost  $S_L$  a pro kmitočet, při němž byla stanovena (1000 Hz) i činitel



Obr. 69. Optimální doby dozvuku

Tab. 15. Součinitele  $k_1$

Druh signálu	Součinitel pro zářiče				Hladina zvuku [dB]
	hi-fi	kvalitní	střední	maximální	
řeč	0,12	0,06	86	90	
doprovodná hudba	0,4	0,2	92	97	
hudba koncertní a hudba k tanci	1,2	0,6	97	103	

Tab. 16. Příklady typických vlastností prostorů a potřebného příkonu zářičů

Objem prostoru $V$ [m <sup>3</sup> ]	Přibližné rozměry [m]			Doba dozvuku $T$ [s]	Dozvuková vzdálenost $l_d$ [m]	Pohitvost $A$ [m <sup>2</sup> ]	Plocha stěn $S$ [m <sup>2</sup> ]	Střední činitel pohitvosti $\alpha$ [-]	Potřebný elektrický příkon zářičů pro hladinu tlaku 90 dB [W]	
	$a$	$b$	$h$						při $\eta = 1\%$	*)
20	2,5	3	2,6	0,5	0,37	7,0	44	0,15	0,16	(0,64)
40	3	4,5	2,8	0,6	0,47	11	70	0,15	0,26	(1,05)
70	4,5	5	3	0,7	0,57	17	102	0,16	0,40	(1,6)
100	5	6	3,4	0,8	0,66	22	129	0,17	0,52	(2,09)
200	6	8,5	4	0,9	0,87	38	205	0,18	0,91	(3,63)
400	8	11	4,5	1,0	1,15	67	326	0,21	1,60	(6,42)
700	10	14	5	1,1	1,46	107	473	0,23	2,57	(10,3)
1000	12	15	5,5	1,1	1,70	145	600	0,24	3,48	(13,9)
2000	16	19	6,5	1,2	2,29	264	952	0,28	6,33	(25,3)
4000	20	27	7,5	1,4	3,10	483	1512	0,32	11,6	(46,4)
7000	25	31	9	1,4	3,97	792	2196	0,36	19,0	(76,0)
10 000	28	36	10	1,5	4,66	1088	2785	0,39	26,1	(104)
20 000	35	52	11	1,6	6,35	2023	4421	0,46	48,5	(195)

\*) V závorkách jsou příkony pro přebuditelnost 6 dB.

Tab. 17. Obvyklá účinnost reproduktorů [%]

		Reproduktory		
Přímovařující		hl-fl	kvalitní	obyčejné
do průměru 120 mm		-	0,4	až 1,0
středotónové	při $f_{\text{rez}} > 100$ Hz	0,5	1,0	3,0
	při $f_{\text{rez}} > 40$ Hz	0,3	0,4	0,5
hlubokotónové		1,5	2,5	až 5,0
s kuželovým zvukovodem		-	3,0	až 10,0
Nepřímovařující				
s exponenciálním zvukovodem		3,0	7,0	až 15,0
tlakové elektrodynamické		až 10,0	15,0	až 25,0
úzkopásmové (Feč)		-	-	až 50,0
reproduktory piezoelektrické (nad 3 kHz)		-	0,3	-
reproduktory elektrostatické		0,1	0,2	0,4

směrnosti  $Q_v$ . Potom můžeme účinnost zářiče vypočítat ze vztahu

$$\eta = \frac{1,25 \cdot 10^{-9}}{Q_v} 10^{S_L/10}$$

[%; —, dB/√VA/1 m].

Neznáme-li ani charakteristickou citlivost, můžeme účinnost odhadnout podle typu reproduktoru. Obvyklé účinnosti reproduktorů pro kmitočty pod 1 kHz jsou v tab. 17.

### 7. 5 Příkon ozvučovací soustavy ve volném prostoru

Pro určení příkonu zářičů ve volném prostoru vycházíme ze vztahu

$$P_p = \frac{p^2 4\pi l^2 100}{Z_0 Q_v \eta} = 3 \frac{p^2 l^2}{Q_v \eta}$$

který můžeme upravit na tvar

$$P_p = 1,21 \cdot 10^{-9} \frac{l^2}{Q_v \eta} 10^{L_p/10}$$

kde  $\eta$  je účinnost zářičů [%], nebo za použití charakteristické citlivosti zářiče  $S_L$  na tvar

$$P_p = 10^{(L_p - S_L + 20 \log l)/10}$$

$$P_p = 10$$

kde  $L_p$  je požadovaná hladina akustického tlaku [dB],

$S_L$  charakteristická citlivost zářiče [dB]/ $l/\sqrt{VA/1}$  m]

$l$  vzdálenost [m], v níž požadujeme hladinu akustického tlaku  $L_p$ .

Pokud je volná plocha  $S$  [m<sup>2</sup>] ozvučována šikmo, pak pro potřebný příkon zářičů platí

$$P_p = \frac{S}{\eta} \cdot 10^{(L_p - 100)/10} \cos \alpha,$$

kde  $\alpha$  je úhel mezi směrem dopadu zvukových vln a kolmicí na ozvučovanou plochu.

Na závěr dosud uvedených kapitol by autoři chtěli poděkovat zvukovému technickovi hudebního souboru KLAXON, ing. Stanislavu Choutkovi, za cenné připomínky a rady při vzniku rukopisu těchto kapitol.

## 8. Obvody pro kytary

### 8.1 Fázovač

V praxi má tento obvod, určený pro hudební soubory, několik názvů: zestřmovač, posouváč fáze, fázovací článek, jev hřebenevého filtru, jev stíhacího letounu apod. Poslední název nejlépe vystihuje, jak výsledný zvuk vypadá. Především v elektronické hudbě je metoda dozínání velmi oblíbená a používá se zejména pro signály s vyšším obsahem harmonických kmitočtů. Ideálním materiálem pro zpracování je fázovač je mícháný záznam, signál z gramodesek a magnetofonových kazet, skupin nástrojů,

zejména bicích, elektrických kytar a sborů. Méně vhodný je pro nástroje sólové (zobcová flétna).

K dozínání dochází tím, že v kmitočtovém spektru směsi tónů jsou signály daných kmitočtů v daném odstupu potlačovány, případně združňovány. Sledujeme-li kmitočtové spektrum na analyzátoru spektra, objeví se hřeben – odtud i název jev hřebenevého filtru.

Výsledný jev je tedy jasný, je však nutné odpovědět na otázku, jak v praxi daný filtr získat. Jevu lze dosáhnout zpožděním nf signálu o 1 až 15 ms a pak jeho opětovným smísením s originálním signálem. Jednoduše a levně toho dosáhneme fázovacími články, řazenými za sebou. Pro fázovací články lze s výhodou použít čtyřnásobné operační zesilovače a spínače CMOS, obvod pak zpracovává signály s amplitudou rovnou přibližně napájecímu napětí, které nesmí být zašuměné a zkreslené. Je zřejmé, že u tohoto filtru vlivem časového posuvu (zpoždění) vzniká kmitočtově závislý fázový posuv.

Z obr. 70a je zřejmé, jak dochází k časovému posuvu: časový posuv je závislý na kapacitě kondenzátoru  $C$ . Bohužel, má to jeden háček: časový posuv se zmenšuje s horním mezním kmitočtem, takže ve srovnání s řetězovou pamětí, která má stálý fázový posuv, se amplituda „hřebene“ s rostoucím kmitočtem zmenšuje. Tyto neideální poměry nemusí rušit požitek z hudby, když zvolíme kompromis mezi rentabilitou (počtem obvodů) a kvalitou zvuku (dobrou přenosovou charakteristikou). Optimálního efektu bylo dosaženo při  $C = 4,7$  nF a  $R_1$  až  $R_3 = 10$  kΩ.

Zapojení fázovače je na obr. 70b. Obvod je sestaven z bloku zpoždění signálu ( $IO_6$  až  $IO_{14}$ ), bloku oscilátorů ( $H_1$ ,  $IO_4$ ) a regulačního stupně ( $IO_1$ ,  $IO_2$ ,  $H_3$ ,  $H_4$ ) a výstupního stupně ( $H_2$ ,  $IO_5$ ). Oscilátor a regulační stupeň je možné použít k řízení několika obvodů zpoždění signálu (i k většímu počtu, než je v našem zapojení, kde je 16 fázovacích článků,  $IO_6$  až  $IO_{13}$ , přičemž je zpoždění vyvedeno po osmi článcích).

Na vstupu a na výstupech fázovacích článků jsou vazební kondenzátory (470 nF), které oddělují ss složku signálu a zmenšují ofsetové napětí, které vzniká při řazení většího počtu operačních zesilovačů za sebou. Je zcela přirozené, že je doba zpoždění nastavitelná. Pro tento účel je možné použít řadu možností: OZ, OTA, FET... Nejlépe je však použít rezistory, které jsou připojovány a odpojovány spínačem CMOS, ovládaným signálem vysokého kmitočtu. Při otevřeném spínači je průtok proudu přerušen a příslušný odpor se zvětšuje; při sepnutém spínači je tomu naopak. Spínací kmitočty hraje podřadnou roli, důležité je jen, jak dlouho je spínač v dané časové jednotce sepnut nebo rozpojen (šířka impulsu). Logicky tedy musí být poměr impuls-mezer stupňovitě měnitelný od 0 do 100 % a všechny spínače musí být řízeny stejným taktovacím kmitočtem. Tento taktovací kmitočet musí pokud možno být nejméně dvojnásobkem nejvyššího nf kmitočtu (20 kHz); v našem případě je to 40 až 50 kHz; pak jsou vyloučena rušení. Ale pozor při záznamu na magnetofon: kmitočet oscilátoru magnetofonu může způsobit rušení.

Taktovací kmitočet 50 kHz je získáván v  $H_1$ . Přes dolní propust  $R_1, C_1$  je trojúhelníkovitý signál veden na vstup rychlého operačního zesilovače  $IO_5$ , který pracuje jako komparátor; jeho práh sepnutí je dán napětím na neinvertním vstupu.  $H_2$  zpracovává pravoúhlé napětí z  $IO_5$ .

Požadavkem je regulace šířky impulsu. K tomu slouží ruční provoz s  $P_3$  a nf oscilátor (NFO) s integritorem  $IO_{4a}$  a klopný obvod  $IO_{4b}$  zapojený ve zpětné vazbě.

Z hlediska poslechu je lepší šířka impulsu

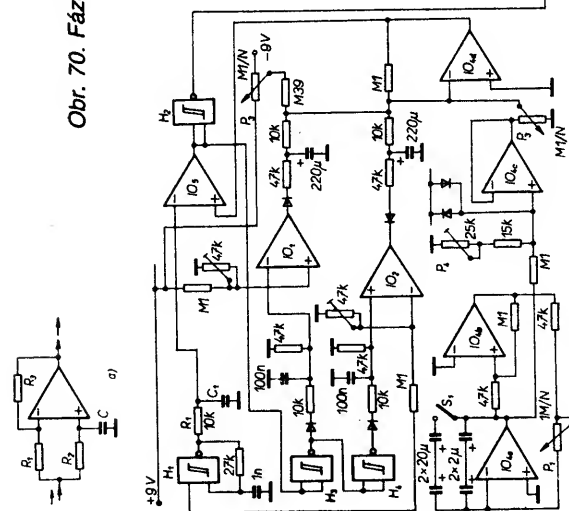
modulovat sinusovým signálem než trojúhelníkovitým. Sinusový signál získáme  $IO_{4c}$  a dvěma omezovacími diodami. Amplituda signálu je  $\pm 0,7$  V a můžeme ji změnit mezi nulou a maximem potenciometrem  $P_1$ . V  $IO_{4d}$  jsou signály z NFO a z „ručního ovládání“ sečteny, tj. libovolně smíseny, práh sepnutí  $IO_{4d}$  je nastaven  $P_3$ .

Bohužel je nutno připomenout, že rozsah nastavení  $P_2$  a  $P_3$  umožňuje pracovat i v „kritické oblasti“, v níž je výstupní napětí z  $IO_{4d}$  pod nebo nad úrovní trojúhelníkovitého signálu na neinvertujícím vstupu  $IO_5$ . To má nepříjemný následek, neboť taktovací signál může být „stržen“, což se projeví praskáním v reproduktoru. To nastává zejména když je impuls velmi úzký (např. poměr impuls/mezera 2 %) a když ještě přimícháme signál z NFO.

Regulační stupeň musí tedy smísený signál omezit a pracuje takto: Druhý hodinový signál je generován  $H_3$ ; signál pro dolní větev je invertován  $H_4$ . Oba signály jsou převedeny na úměrné stejnosměrné napětí.  $IO_1$  nebo  $IO_2$  porovnává tato napětí s napětím referenčním. Je-li šířka impulsu větší nebo menší, bude na výstupu těchto IO kladné nebo záporné napětí, které je po integraci použito k řízení  $IO_{4c}$ . Je zřejmé, že regulační stupeň je závislý na generátoru taktu a na NFO a obě tyto části zapojení se příliš neovlivňují. Při případném hledání chyby můžeme bez problému regulační stupeň překlenout.

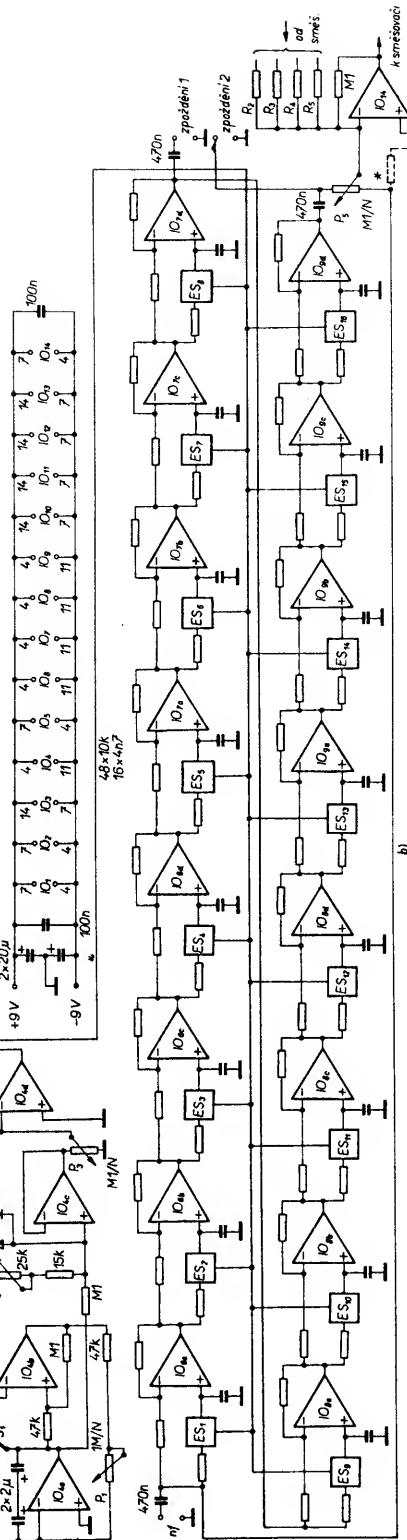
Doba zpoždění obvodu je asi 6 ms a kmi-

Obr. 70. Fázovač



točty pod 180 Hz nejsou posouvány více než  $360^\circ$ . Propojením několika zpožďovacích obvodů roste přirozeně celkové zpoždění. Pokusy dokázaly, že při spojení více než dvou zpožďovacích obvodů se signál zkresluje a zvuk se spíše zhoršuje než zlepšuje.

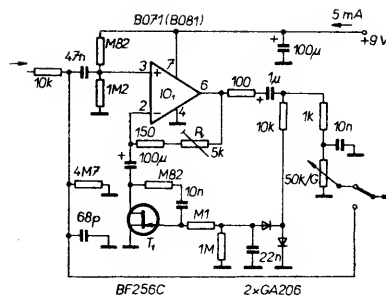
Při zapojování je třeba pamatovat na to, že nesmíme používat výstup směšovače, ale jen vstup zpoždění 1 nebo zpoždění 2. Vypustíme-li  $P_5$  při vzájemném propojování, pak musíme na vstup  $IO_{6a}$  zapojit rezistor 100  $\Omega$  (ve schématu čárkované), aby „neplavala“. Abychom mohli fázovací jev omezit, je nejlépe smísit různé velmi zpožděné signály. To je však možné jen přes rezistory  $R_2$  až  $R_5$ . Méně zpožděné signály propojujeme rezistory velkých odporů. Když je amplituda nejmenší, je efekt nejlepší. Rezistory volíme takto:  $R_2 = 1$  M $\Omega$ ,  $R_3 = 470$  k $\Omega$ ,



$R_4 = 220$  k $\Omega$  a  $R_5 = 100$  k $\Omega$ .

## 8.2 Omezovač pro kytaru

Dynamika rozezvucené struny může být vyjádřena jehlovým impulsem a přibližně exponenciálně dozívajícím průběhem. Tento typický průběh může být snadno reprodukován zesilovačem s velkou přebuditelností, pokud maximum tónu bude pod mezí přebuditelnosti. Při střední hlasitosti se pak signál nezkrusluje, při téměř plné hlasitosti bude signál značně zkreslen. Tento problém lze odstranit použitím kompresoru dynamiky nebo omezovače. Zkušenost v tomto případě ukazuje, že tónu chybí potřebné „zaseknutí“. Na obr. 71 je zapojení omezovače, zpracovávajícího signály v horním rozsahu dynamiky.  $IO_1$  pracuje jako předzesilovač, jehož zisk lze regulovat  $P_1$ .



Obr. 71. Omezovač

Mezi invertujícím vstupem a zemí je zapojen  $T_1$  ve funkci proměnného odporu.  $T_1$  je řízen záporným stejnosměrným napětím, odvozeným z napětí výstupního. Se zvětšujícím se stejnosměrným napětím se zvětšuje i odpor  $T_1$  a tak se mění zisk předzesilovače. Obvod  $RC$  mezi bází a kolektorem  $T_1$  zmenšuje při regulaci vzniklé zkreslení. Obvod se nastává takto: Na vstup přivedeme signál 1 kHz, 150 mV a  $P_1$  nastavíme maximální zisk bez viditelného zkreslení. Pak vstupní napětí zvětšíme na 300 mV a  $P_1$  zmenšíme zisk do té doby, než se zkreslení zmenší na přijatelnou mez. Výsledkem je obvod, který neovlivňuje dolní rozsah dynamiky a toliko lehce komprimuje špičky. Obvod neprodukuje ani „dýchání šumu“ jako je tomu u kompresoru, ani „oddělování“ jako u limiteru.

## 8.3 Ekvalizér pro kytaru

Ekvalizér je v elektronice pro soubory používán převážně k ovlivnění barvy a k potlačení šumů, brumu a zpětných vazeb. V ekvalizéru jsou využívány filtry, jejichž střední kmitočet, jakost a útlum lze nastavit potenciometry. Abychom překryli celý  $nf$  rozsah, je použito těchto filtrů několik paralelně. Na obr. 72 je zapojení ekvalizéru, určeného pro kytaru, který má čtyři filtry: LOW, LOMID, HIMID a HI. Filtry LOW a HI jsou běžné dolní a horní propusti, jejichž střední kmitočet je pevně nastaven. Filtry HIMID a LOMID jsou zapojeny jako pseudoparametrické filtry. Pseudo proto, že se ke změně kmitočtu nepoužívají potenciometry, ale přepínače.

Pro kytaristy jsou dále zajímavé i tyto detaily:

1. Odstup středních kmitočtů parametrického filtru je odstupňován po kvartách. Filtrem LOMID jsou zpracovávány tóny základního rozsahu a filtrem HIMID horní tóny základního rozsahu a harmonické kmitočty. Stupnice přepínače může být označena přímo v tónech.
2. Jakost filtru může být nastavena trimrem s odstupem kvarty, tj. 0,4 oktávy. Samozřejmě lze nastavit 1/3 (velká tercie) a 1,5 (oktáva + kvinta).
3. Útlum filtru se mění přepínačem po 1,5 dB. Pomocným přepínačem můžeme změnit útlum.

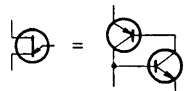
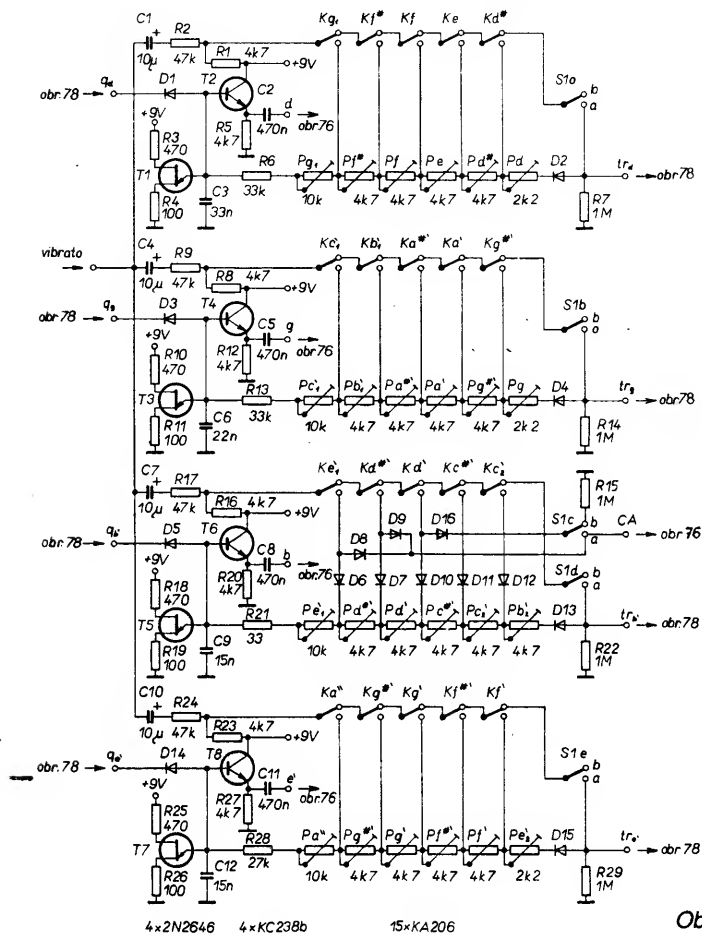
I když zapojení na první pohled vypadá složitě, lze bližším studiem rozeznat následující funkční bloky:  $Pf_1$  až  $Pf_4$  jsou přepínače útlumu pro čtyři filtry. Přepínače  $Pf_5$  až  $Pf_{10}$  přepínají útlum – zesílení. Přepínače  $Pf_5$  a  $Pf_6$  přepínají střední kmitočet parametrických filtrů. Zesilovače  $A_1$  a  $A_3$  pracují spolu s přepínači  $Pf_1$  až  $Pf_4$  a  $Pf_7$  až  $Pf_{10}$  buď jako zeslabovače, nebo zesilovače. Kromě toho jsou na jejich vstupy připojeny gyrátory  $A_2$  a  $A_4$  – tvořící filtry HI a LOW. Gyrátory jsou vlastně velké indukčnosti. Mezní kmitočet horní propusti HI je asi 100 Hz a dolní propusti LOW asi 5 kHz. Trimry  $P_1$  a  $P_2$  se nastavuje vnitřní odpor filtru při maximálním



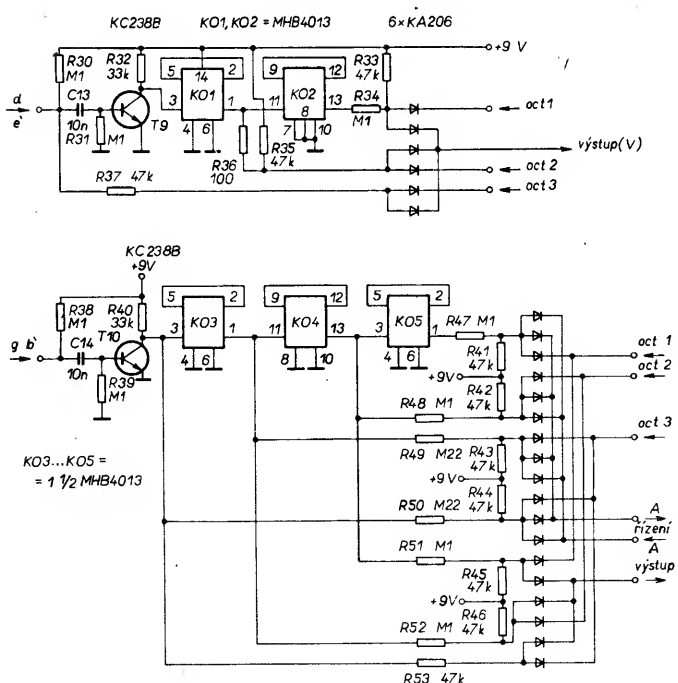
obr. 78 rozlišit tlačítka K a udávají počátek náběhu tónu. Obvod struny B' je o něco komplikovanější, neboť struna B' dodává současně signál CA, který je potřebný k řízení výšky tónu páté struny. Když CA = H, pak je tón struny A odvozen ze struny G, když CA = L, přebírá tuto funkci struna B'. Signál CA způsobuje, že tóny struny A jsou minimálně v tónovém rozsahu struny D.

V kytarových varhanách jsou použity dva typy děličů. První, jednodušší typ děliče, je použit pro vnější struny E' a D a druhý, složitější typ, je použit pro struny B' a G (obr. 75). Druhým typem děliče je generován tón struny A. Celkové propojení děličů je na obr. 76. Pro děliče jsou použity klopné obvody MHB4013, jejichž výstup Q je propojen se vstupem D. Úkolem děličů je rozšířit absolut-

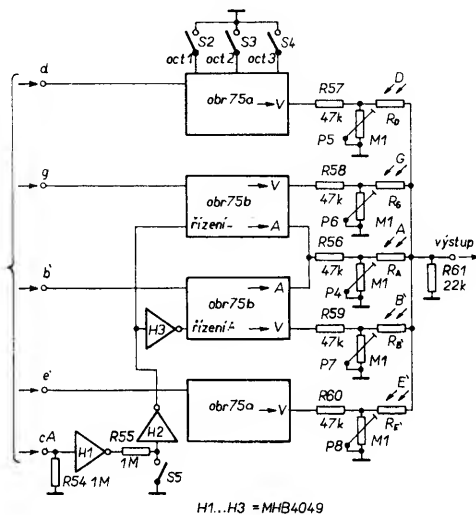
ní rozsah tónů. Která oktáva při hraní na nástroj bude znít, závisí na signálech oct 1 až oct 3. Spínače S<sub>2</sub> až S<sub>4</sub> na obr. 76 je nastaveno napětí na příslušných vstupech na obr. 75. Základní polohy je dosaženo, je-li příslušný spínač odpojen. Spínač S<sub>2</sub> zapíná dolní, spínač S<sub>3</sub> střední a S<sub>4</sub> horní polohu. Na obr. 76 je také vstup CA, který přes inventory řídí vstup „řízení A“ obou děličů typu II na obr. 76 a určuje, z které „struny“ je tón struny A odvozen. Je-li sepnut spínač S<sub>5</sub>,



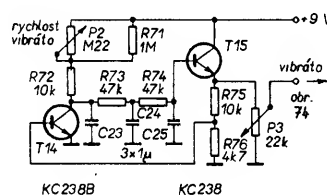
Obr. 74. Oscilátory strun



Obr. 75. Dva typy děličů



Obr. 76. Propojení oscilátorů a děličů





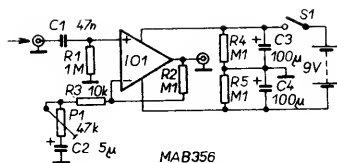
dává struna A tón, který je o oktávu nižší než tón struny G. Zvuk kytarových varhan je podobný sboru. Výstupní signály z děličů jsou sloučeny do jednoho signálu odporovou maticí. Tón A páté struny vzniká propojením výstupů A děličů II. V každé větvi odporové matice je fotorezistor. Intenzita světla na něj dopadajícího určuje jeho odpor a tak i hlasitost tónu příslušné „struny“ ve výstupním signálu. LED a  $R_1$  spolu s rezistory tvoří pět jednoduchých VCA. Výstupním signálem na obr. 76 (popř. upraveným ve filtrech) je buzen koncový zesilovač. Při perkusi hlasitost se rychle zvětšuje při nasazení tónu a pak se pomalu zmenšuje. Originální zvuk kytary má perkusní charakter. U kytarových varhan je stejná dynamika hlasitosti dosaženo elektronickými prostředky. K tomuto účelu na obr. 76 slouží fotorezistory, tvořící součást děliče napětí, který utlumuje výstupní signál z děliče kmitočtu. Perkuse je dosaženo světelným signálem, který získáme z diody LED  $D_{45}$  na obr. 77. Každá LED je opticky vázána s  $R_1$ . Jsou-li spínače  $S_6$  a  $S_7$  v poloze vyznačené na obr. 78, pak tlačítka  $S_E$  až  $S_A$  uvolňují perkusní jev: Při jejich stlačení se uzavře  $T_{11}$  na obr. 77, takže kondenzátor  $C_{15}$  se nabije. Po jejich uvolnění se  $C_{15}$  vybíjí přes přechod báze-emitor  $T_{12}$  a LED  $D_{45}$  se krátce rozsvítí; intenzita světla se mění exponenciálně. Perkusní jednotka na obr. 77 propustí tón teprve po uvolnění tlačítka. Velikost srč napětí v bodě 4 perkusní jednotky určuje dobu dozívání, napětí lze měnit potenciometrem  $P_1$  (obr. 78).

Budeme-li chtít, aby tón se ozval ihned po stisknutí tlačítka (obr. 78), přepneme  $S_6$  do polohy a. Sepneme-li  $S_7$ , bude nástroj hrát jako varhany, tzn. že tóny nebudou dozívat, nýbrž budou znít plně po dobu stlačení tlačítek. Při hře jednou rukou jsou tlačítka S mimo funkci a tón se ozve okamžitě po stlačení tlačítka K. Hrajeme-li v poloze „varhany dvouručně“, pak tóny dozívají po uvolnění tlačítka pozvolně. Tomuto jevu se říká „sustain“. Klopné obvody  $KO_6$  až  $KO_9$  slouží k tomu, aby byl ihned po uvolnění tlačítka tón přerušen. Kondenzátor  $C_{15}$  v perkusní jednotce se okamžitě vybije přes výstup Q příslušného KO. Toto utlumení je možné ovládat spínačem  $S_8$ , který působí jako dlaň přiložená na struny. Oscilátory tónů mají na obr. 74 společný vstup pro vibrato, který je napájen z oscilátoru vibráta na obr. 79. Tónové signály jsou jím kmitočtově modulovány. Potenciometrem  $P_3$  řídíme „sílu“ vibráta a  $P_2$  rychlost vibráta. Má-li  $P_2$  maximální odpor, nevznikají žádné kmity.  $P_3$  můžeme ručně ovládat efekt „vibráto“.

Dioda LED a fotorezistor jsou spolu propojeny tak, že jsou umístěny v jednom pouzdře a chráněny proti okolnímu světlu. Trimry P na obr. 74 se nastavuje příslušný kmitočet tónu:  $g_1 = 784 \text{ Hz}$ ,  $f^* = 740 \text{ Hz}$ ,  $f = 698,5 \text{ Hz}$ ,  $e = 659,3 \text{ Hz}$ ,  $d^* = 622,3 \text{ Hz}$ ,  $d = 587,3 \text{ Hz}$  na struně D; na struně G-c':  $1046,5 \text{ Hz}$ ,  $b'_1 = 987,8 \text{ Hz}$ ,  $a^{*'} = 932,3 \text{ Hz}$ ,  $a' = 880 \text{ Hz}$ ,  $g^* = 830,6 \text{ Hz}$ ,  $g = 784 \text{ Hz}$ ; na struně B'-e':  $1318,5 \text{ Hz}$ ,  $d^{*'} = 1244,5 \text{ Hz}$ ,  $d' = 1174,7 \text{ Hz}$ ,  $c^{*'} = 1108,7 \text{ Hz}$ ,  $c'_3 = 1046,5 \text{ Hz}$ ,  $b'_3 = 987,8 \text{ Hz}$ ; na struně E'-a'':  $1760 \text{ Hz}$ ,  $g^{*'} = 1661,2 \text{ Hz}$ ,  $g' = 1569 \text{ Hz}$ ,  $f^{*'} = 1480 \text{ Hz}$ ,  $f' = 1396,9 \text{ Hz}$ ,  $e'_3 = 1318,5 \text{ Hz}$ .

## 8.6 Předzesilovač pro kytaru

Abychom dosáhli u elektrické kytary charakteristického zvuku, je nutné, aby kytarový zesilovač bezpečně omezoval. Protože výstupní napětí z některých elektrických kytar bývá malé, musíme před zesilovač zapojit



Obr. 80. Předzesilovač pro kytaru

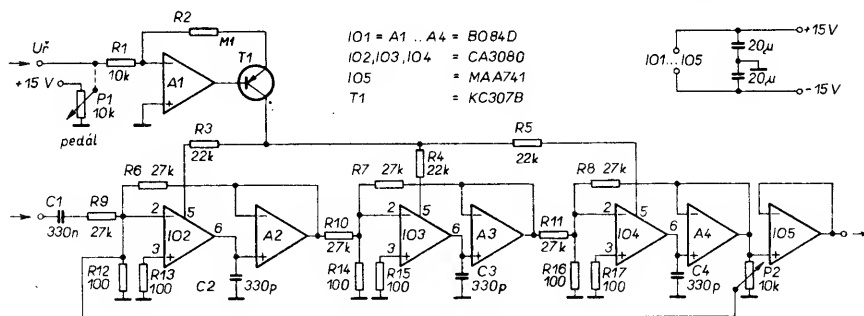
předzesilovač se zesílením asi 10. Zapojení jednoduchého předzesilovače je na obr. 80. Jeho zesílení je dané poměrem  $(R_2 + R_3 + P_1) : (R_3 + P_1)$  a lze ho nastavit od 3 do 11. Vstupní impedance je určena  $R_1$  a je 1 kΩ. K napájení je použita baterie 9 V. Děliče  $R_4$ ,  $R_5$  je napětí 9 V převedeno na  $\pm 4,5 \text{ V}$ .

## 8.7 Box wah-wah pro kytaru

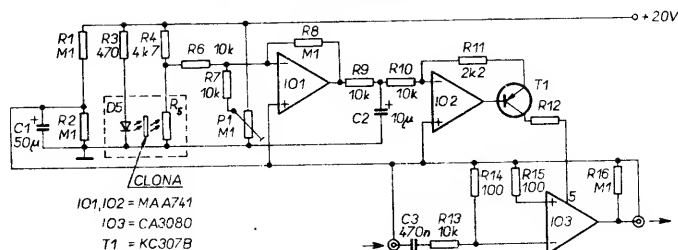
Obvodem na obr. 81 lze kytarou napodobit „štěkot psů“. Prakticky lze tento obvod realizovat proměnnou dolní propustí nebo pásmovou propustí s velkou jakostí. V daném zapojení byla použita dolní propust, jejíž mezní kmitočet je určen  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_4$ . Obvyklé sériové rezistory dolní propusti jsou nahrazeny napěťově řízenými zdroji proudu. Mezní kmitočet filtru je určen proudem, který teče vývody 5  $IO_2$ ,  $IO_3$  a  $IO_4$ . Tento proud je úměrný napětí  $U_i = 0$  až 12, které se na proud převádí převodníkem  $A_1$  a  $T_1$ . Zpětnou vazbou lze měnit jakost filtru ( $P_2$ ). K získání proměnného  $U_i$  můžeme s výhodou použít dále popisovaný nožní pedál.

## 8.8 Nožní pedál (bez potenciometru)

Při hře na kytaru, když potřebujeme měnit během hry hlasitost, musíme použít nožní regulátor hlasitosti. Obvykle v tomto pedálu bývá potenciometr s převody. Doba života takového pedálu je určena dobou života potenciometru. Pedál bez potenciometru využívá elektroniky, takže jeho doba života je podstatně delší. V zapojení na obr. 82 se využívá clonění fotorezistoru, na který svítí  $D_5$ . Clonka mezi  $D_5$  a  $R_5$  je ovládána pedálem hráče. Při zdvihnutí pedálu je odpor fotorezistoru  $R_5$  malý a proto nevzniká na výstupu  $IO_1$  napětí k řízení  $IO_3$ . Úroveň řízení můžeme nastavit  $P_1$ . Při zclonění  $R_5$  se jeho odpor zvětšuje, zvětšuje se i výstupní napětí z  $IO_1$ , kterým je přes převodník napětí-proud  $IO_2$ ,  $T_1$  řízen  $IO_3$ , zapojený jako VCA do cesty signálu.



Obr. 81. Box wah-wah



Obr. 82. Bezpotenciometrový pedál

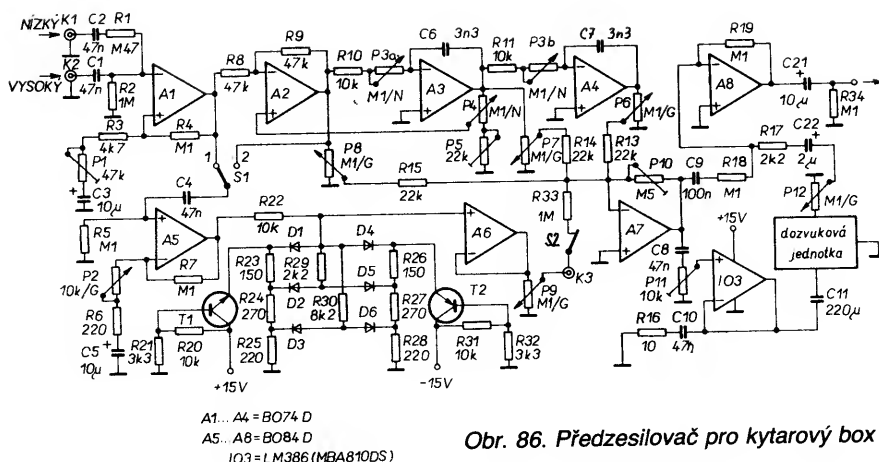
## 8.9 Tvarovač signálu pro kytaru

Chceme-li zlepšit zvuk kytary, nemůžeme se věnovat samotnému tvarovači, nýbrž celému zařízení a to od kytary po reproduktor. Výsledný zvuk je závislý na mnoha činitelích, nejen na vytváření vstupního signálu:

1. Snímač elektrické kytary snímá kmity strun, jejichž kmitočtové spektrum je širší než 20 kHz, a mění ho na elektrický signál. Přenos však neprobíhá lineárně podle kmitočtu, ale odpovídá dolní propusti 2. řádu s překmity na rezonančním kmitočtu. Rezonanční kmitočet snímačů se liší podle typu a pohybuje se od 2 do 5 kHz.
2. Ke zkreslení signálu dochází zploštěním křivky signálu. Tvarovače staršího typu pracují na principu přebuzení, ostře odřezávají vršek a spodek křivky signálu. Při tom vznikají vyšší harmonické, zasahující mimo slyšitelné spektrum, čímž se podstatně zdůrazní šumové složky ve zvuku. Přechod od zkresleného k nezkraslenému signálu probíhá relativně najednou, což ovšem také ruší. Při zkreslování signálu antiparalelními diodami je počet harmonických menší a zvuk je proto jemnější. Přechod od zkresleného k nezkraslenému signálu je postupný. Protože zploštění obou půlvln je symetrické, vznikají jen liché harmonické základního kmitočtu. Při nesympetrickém zploštění vznikají i sudé harmonické kmitočty. Abychom mohli vytvářet požadovaný signál, je ve tvarovači zapojena jedna Ge dioda a dvě Si diody. Germaniová dioda povede asi při 0,3 V a začne ořezávat kladnou půlvlnu. Při 0,6 V začne pracovat Si diody, které ořezávají signál symetricky. Při velkém přebuzení nemá Ge dioda vliv na tvar signálu.
3. Zvuk je závislý na vlastnostech zesilovače a reproduktorů. Optimální je zdůraznění v pásmu 2 až 5 kHz a pak rychlý pokles výšek (nad asi 6 kHz). Pro reproduktory jsou vhodné reproduktory, které mají málo výšek. V mnoha případech je „škrábání“ i při dobrých reproduktorech tak silné, že zvuk je zcela neuspokojivý. Tomu lze odpomoci zapojením dolní propusti mezi tvarovač a zesilovač, nejlépe s rezonančním překmitem v oblasti středních kmitočtů. Nejlépe se k tomu hodí zapojení označované „state variable filter“, sestavené ze tří OZ a několika pasivních součástek. Rezonanční kmitočet nastavujeme tandemovým potenciometrem a převýšení jednoduchým potenciometrem. Ještě více možností dává filtr zapojený před tvarovačem. Silné výškové tóny z kytary, které určují šum ve zkresleném signálu,







Obr. 86. Předzesilovač pro kytarový box

1. Hra bez tvarovače:  $P_9$  nastavíme na nulu,  $P_8$  (basy),  $P_7$  (střed) a  $P_6$  (výšky) můžeme odpovídající kmitočty utlumovat nebo zcela potlačit. Jsou-li tyto potenciometry nastaveny na stejnou hlasitost, pak nebude kytarový tón téměř ovlivněn. Při chybějících středech dostáváme zvuk, podobný „koupací vaně“. Při použití jen korektoru středů zní zvuk jako z gramofonového trychtýře.  $P_4$  ovlivňuje jakost filtru, tedy strmost propustné křivky. Při velké jakosti mohou ve spojení s funkcí pásmové propusti vzniknout umělé rezonanční špičky, které kytarovému tónu dávají typické zabarvení. Změna  $P_3$  způsobuje při velkém činiteli  $Q$  nastavení na dolní propust efekt wah-wah. Při malém  $Q$  a chybějících středech je zvuk jako při použití fázovače, měníme-li pomalu kmitočet  $P_3$ . Proto je nutné při maximální strmosti nastavit  $P_5$  tak, aby se i při maximálním  $Q$  filtr nerozkmital.

2. Hra s tvarovačem: Bude-li  $S_1$  v poloze 1, tak bude kytarový signál úplně zkreslen. Zkreslený signál může být přimísen k originálnímu signálu. Rovněž je možné přes konektor  $K_3$  připojit nožní spínač. Když chceme poslouchat jen zkreslený signál, musí být  $P_6$  až  $P_8$  na minimu. Stupeň zkreslení se nastává  $P_2$ . Přepneme-li  $S_1$  do polohy 2, pak je část kytarového tónu zkreslena a stupeň zkreslení nastavujeme  $P_3$ . Smísíme-li zkreslené výšky s nezkraslenými basy, pak vznikne chraptivý tón, který běžnými tvarovači nelze vytvořit.

## 9. Elektronické bicí nástroje

### 9.1 Elektronický bubeník

Současné skupiny zábavné hudby používají ve stále větší míře tzv. elektronického bubeníka. Elektronické bubeníky můžeme rozdělit podle provedení na dvě skupiny. Při digitální verzi je zvuk bubnu digitálně zapsán v paměti ROM nebo EPROM a může se měnit změnou těchto pamětí. U druhé skupiny, které věnujeme dále pozornost, je pro každý buben použit vlastní malý syntezátor. Přednost tohoto systému spočívá v tom, že je možné nastavit různé zvuky a ty snadno měnit. Nedostatkem je to, že přirozeného zvuku bubnu není možné zcela dosáhnout. Dále popisovaný elektronický bubeník je sestaven ze šesti modulů bubnů, jednoho součtového modulu a napájecího zdroje. Každý modul bubnů je samostatně nastavitelný. Šesti potenciometry se nastavují kmi-

točet, doba náběhu (attack), doba dokmitávání (decay), kmitočtová modulace (bend), hlasitost šumu (noise volume), zvuk šumu (noise tone). Dále je na předním panelu tohoto modulu šest odporových trimrů, kterými je možné nastavit potřebný zvuk. Na panelu je páčkový přepínač a LED. V součtovém modulu jsou výstupní signály z modulů bubnů bez ovlivňování smyslu a nastavena základní hlasitost. Výstupní signál je vyveden na zdířky „mono“ a na dvě zdířky „stereo“. Výstup „mono“ má v cestě zapojen tónový korektor a může budít přímo monitorovací zesilovač.

Srdcem bubeníka je bubnový syntezátor, tvořený piezoelektrickým snímačem, předzesilovačem, tvarovačem impulsů, obvodem „obálky“, VCO, zdrojem šumu, směšovačem, VCA a převodníkem impedance. U elektronického bubeníka se hraje na tzv. bloky, které v ideálním případě nevývávají žádný zvuk. Úkolem „bloku“ je generovat impuls, jehož amplituda je úměrná intenzitě úderu. Impuls je snímán piezoelektrickým snímačem, který je upevněn na vnitřní straně bicí plochy „bloku“. Výstupním napětím piezoelektrického snímače je řízen bubnový syntezátor. Piezoelektrický snímač je možné nalepit i do běžného bubnu. Výstupní signál z „bloku“ je přiveden na vstup předzesilovače, jehož vstupní citlivost je nastavitelná. Amplituda zesíleného signálu musí být vyhodnocena, abychom získali informaci o hlasitosti. Proto je tento impuls nejdříve usměrněn a integrován a v následujícím obvodu převeden na napětí s logaritmickým průběhem. Tato úprava je potřebná, aby byl průběh dynamiky přiměřený a aby se zabránilo tomu, že bude bubnový syntezátor přebuzen při pádu „bloku“. Bodů lomu křivky bylo dosaženo pokusně a to tak, aby byl průběh dynamiky přirozený (v zapojení na obr. 87 asi 40 dB). Záznam nebo snímání přirozeného tónu bubnu probíhá podle exponenciální funkce a obálku lze jednoduše získat nabíjením a vybíjením kondenzátoru. Časová konstanta je dána  $C_4$  a  $P_2/P_3$  (attack) a  $P_4$ ,  $P_5$  (decay). Uvedené potenciometry se přepínají analogovým multiplexem IO<sub>2</sub>. Abychom dosáhli velmi silného úderu, musí být kondenzátor  $C_4$  ve velmi krátké době nabit; proto je výstupní proud  $A_2$  zvětšen tranzistorem  $T_1$ . S uvedenými hodnotami je minimální doba náběhu 250  $\mu$ s a maximální doba dozívání 2 s. Napětí obálky, vzniklé na  $C_4$ , je vedeno na zesilovač  $A_3$ , z něhož je přes převodník  $U/I$  s  $T_2$  řízen VCA IO<sub>7</sub>.

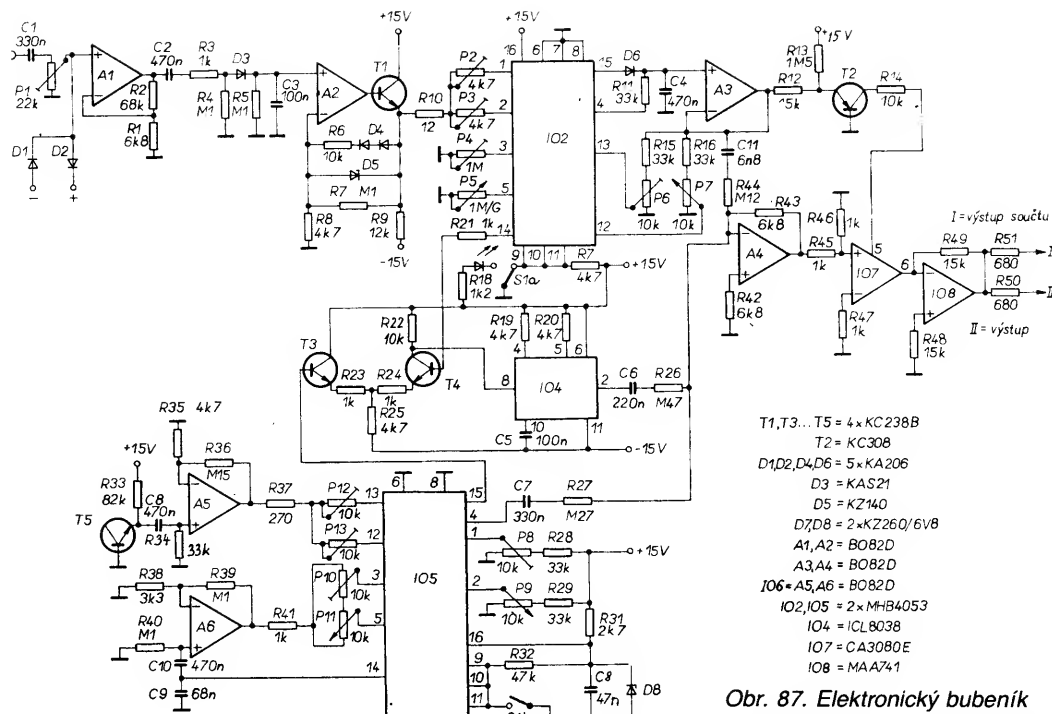
Aby se dosáhlo přirozeného tónu bubnů, musí se generovat sinusový signál napětově řízeným generátorem funkcí VCO (ICL8038). Sinusový signál je u IO<sub>4</sub> na vývodu 2 a kmitočet lze nastavit stejnosměrným napětím na vývodu 8. Tento vývod můžeme použít i ke kmitočtové modulaci, když předradíme směšovač. Kmitočet nastavujeme  $P_8$ ,  $P_9$  a kmitočtový zdvih  $P_6$ ,  $P_7$ . Napětí pro

kmitočtovou modulaci je odebráno z generátoru obálky. Zapojení IO<sub>5</sub> je odlišné od zapojení IO<sub>2</sub>, protože IO<sub>5</sub> zpracovává také střídavé napětí. Proto je jej nutné napájet symetrickým napětím, které je stabilizováno na  $\pm 6,8$  V diodami  $D_7$ ,  $D_8$ . Řídící napětí je vztaženo vůči zemi. Zdroj šumu je sestaven z IO<sub>6</sub> a  $T_5$ . Šum přechodu emitor-báze  $T_5$  je zesílen  $A_5$ . Mezi oběma zesilovacími šumovými generátory je zapojena dolní propust s nastavitelným mezním kmitočtem ( $P_{12}$ ,  $P_{13}$  a  $C_9$ ).  $P_{10}$  a  $P_{11}$  na výstupu  $A_6$  se nastavuje hlasitost šumových složek. Výstupní signál z VCO a zdroje šumu je smísen v  $A_4$  a použit k řízení VCA. Přes obvod  $R_{44}$ ,  $C_{11}$  je přivedena do směšovače i část vzestupné hrany signálu obálky. To způsobuje při velmi krátké době náběhu vytvoření ostrého jehlového impulsu při náběhu tónu bubnu. Akusticky se to projeví jako velmi silný úder do bubnu. Při malé časové konstantě obvodu RC tento impuls zmizí. Zapojení součtového modulu je na obr. 88. Modul je tvořen stereofonním směšovačem a monofonním stupněm s aktivními korekcemi. Výstupní signál ze syntezátoru bubnů je přes regulátory úrovně přiveden na rezistorovou matici, která určuje „polohu“ bubnů při stereofonní reprodukci. Každý vstup je při tom přes dva rezistory rozdělen do dvou součtových zesilovačů (levého a pravého kanálu). Odpory rezistorů jsou voleny tak, že součet napětí obou kanálů je konstantní. Lze dosáhnout toho, že součet vodivosti obou rezistorů bude konstantní (v našem případě součet vodivosti je 0,2 mS s přesností 5 %). Poměrem odporu rezistorů můžeme nastavit „polohu“ bubnu. Dělením odporu menšího rezistoru odporem větším dostaneme např. výsledek 0,1, což určuje polohu bubnu 10 % od levého nebo pravého okraje stereofonní báze. Pro monofonní výstup jsou výstupní signály levého a pravého kanálu znovu sečteny a přivedeny do aktivního korektoru, na jehož výstupu je signál pro přímé řízení monitorovacího zesilovače. Napájecí zdroj dodává napětí  $\pm 15$  V/0,5 A.

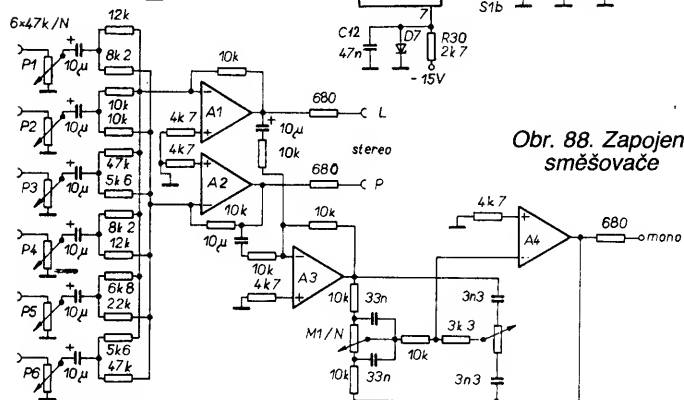
„Bloky“ jsou zhotoveny z rámečku z borových listů 40  $\times$  20 mm, na nějž jsou přilepena víka z překližky tl. 6 mm. Na horním víku je nalepen piezoelektrický snímač nebo vložka z krystalového mikrofonu a to zespodu. Shora je nalepena pryž tl. 2 až 4 mm.

### 9.2 Programovatelný generátor rytmů

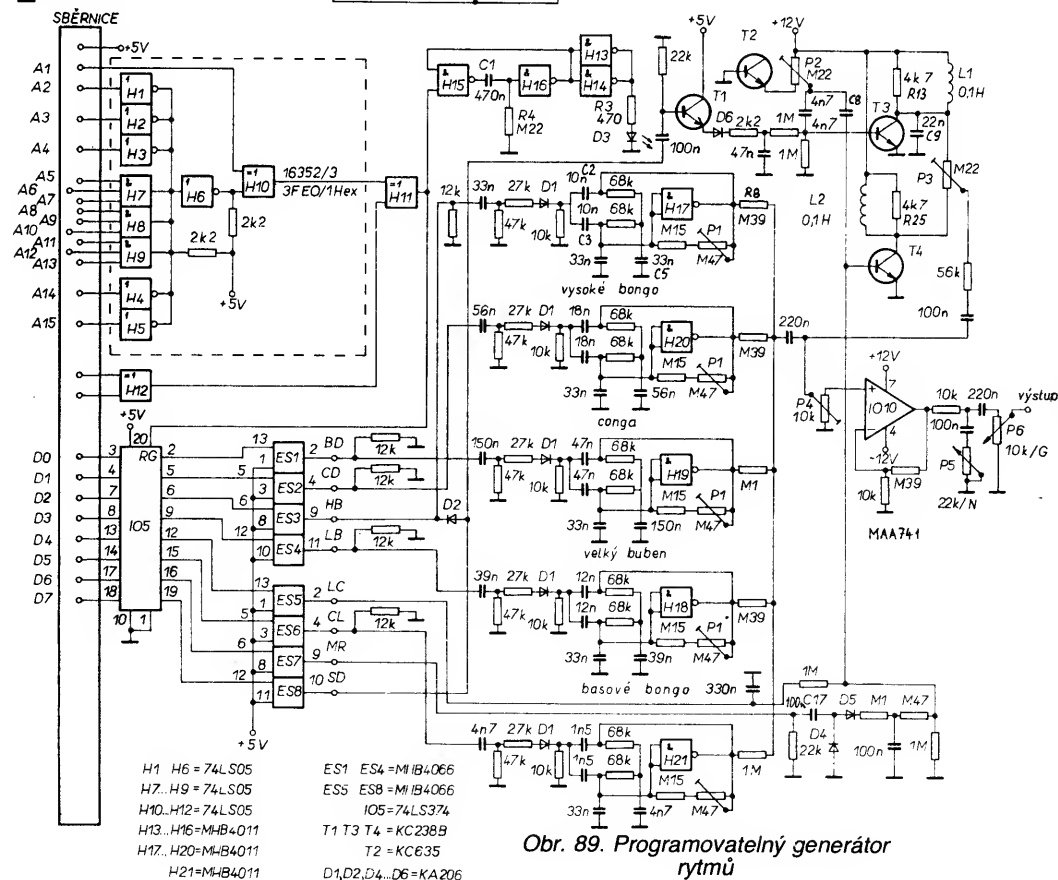
V zapojení na obr. 89 je osm programovatelných generátorů různých bicích nástrojů – velký buben, kotel, kongo, dvě různá bongga, marakas, tympany a činely. Aby generátory pracovaly, musíme na řídící vstup přivést určitou logickou úroveň a tu měnit. Je třeba stanovit, v jakém sledu a v jakém tempu mají být jednotlivé nástroje řazeny. To lze provést programem na mikropočítači. Velmi dobře lze pro tento účel využít 8bitových domácích mikropočítačů. Řadou dat v binární hodnotě je aktivován jeden nebo druhý tónový generátor s pevně nastaveným rytmem. Každému nástroji je přidělen jeden bit z 8bitového slova. Tak např. velkému bubnu patří slovo 000 0001. Když jsou všechny bity nulové, nebude hrát žádný nástroj. Když jsou všechny bity 1, znějí všechny nástroje najednou. Od tří nástrojů výše přestává být poslech požitekem. Na jedné straně máme binární slovo z počítače a na druhé straně osm generátorů. Binární slovo u ZX81 lze odebrat přímo ze sběrnice; u ostatních systémů je vhodné na výstupní port připojit periferní jednotky (VIA, PIA, PIO). Pro logiku rytmů potřebujeme tabulku s daným počtem prvků, které jsou instrukcí DIM (v BASIC) stanoveny předem. Podle toho, kolik prvků tato tabulka obsahuje, je opakovaný sled rytmů delší nebo kratší. Jednoduchou instrukcí POKE je datové slovo připojeno na tónový generátor. Principiálně lze progra-



Obr. 87. Elektronický bubeník



Obr. 88. Zapojení směšovače



Obr. 89. Programovatelný generátor rytmů

## Tabulka programu pro ZX81

10 PRINT "1=Beat 2=WALTZ"  
20 PRINT "3=TANGO 4=SAMBA"  
30 PRINT "5=BOSSANOVA 6=ROCK AND ROLL"  
40 PRINT "7=BEGUINE 8=HABANERA"  
50 PRINT  
60 PRINT "CHOOSE A RHYTHM"  
70 INPUT A  
80 PRINT A  
100 IF A = 8 THEN GOTO 60  
110 PRINT  
120 PRINT "CHOOSE A TEMPO /1-10"  
130 INPUT B  
135 FAST  
140 PRINT B  
150 IF B = 10 THEN GOTO 120  
160 IF A = 1 THEN GOSUB 1000  
170 IF A = 2 THEN GOSUB 1500  
180 IF A = 3 THEN GOSUB 2000  
190 IF A = 4 THEN GOSUB 2500  
200 IF A = 5 THEN GOSUB 3000  
210 IF A = 6 THEN GOSUB 3500  
220 IF A = 7 THEN GOSUB 4000  
230 IF A = 8 THEN GOSUB 4500  
240 CLS  
250 PRINT "TYPE 1 TO STOP"  
260 FOR C = 1 TO D  
270 POKE 16352 A/C/  
280 FOR E = 1 TO B  
290 POKE 16352,0  
300 IF INKEY \$ = "1" THEN GOTO 9000

9000 CLS  
9010 PRINT "ANOTHER RHYTHM(Y-N)"  
9020 INPUT F\$  
9030 INPUT F\$  
9040 IF F\$="Y" THEN GOTO 10  
9050 STOP

mem v jazyce BASIC rytmy hrát libovolně rychle.

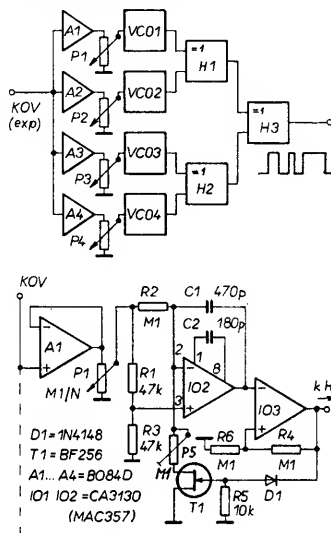
Rozhraní mezi počítačem a generátorem rytmů je na obr. 89; zarámovaná část je určena speciálně pro ZX-81 pro kódování adres. Protože logická úroveň na vodiči A0 nemá na obvod žádný vliv, je tato část obvodu aktivována současně adresou 3FE0<sub>hex</sub> a při 3FE1<sub>hex</sub> (16352 a 16353, dekadicky). Objeví-li se obě adresy na sběrnici, sloučí se logická nula na výstupu H<sub>10</sub> s logickou úrovní na výstupu H<sub>12</sub>, pokud jsou aktivovány vodiče MREQ a WR. V tomto případě bude na výstupu H<sub>11</sub> uvolňovací signál rozhraní. U systémů s 6502 jsou signály MREQ a WR nahrazeny signálem R/W. Kódování adres musí být přizpůsobeno invertory H<sub>1</sub> až H<sub>5</sub> a hradla H<sub>7</sub> až H<sub>9</sub>. Uvolňovací signál z H<sub>11</sub> přepne monostabilní klopný obvod H<sub>15</sub>, H<sub>16</sub> a přes hradla H<sub>13</sub> a H<sub>14</sub> se rozsvítí D<sub>3</sub>. H<sub>13</sub> a H<sub>14</sub> jsou zapojeny paralelně proto, aby vybudily D<sub>3</sub>, která svítí po dobu adresování rozhraní. Stejný uvolňovací signál řídí 8bitový registr IO<sub>5</sub> (74LS374). Pokud má tento IO na vstupu CLK impuls s náběžnou hranou, naplní se daty ze sběrnice dat počítače. Použijeme-li výstupní port, je tento registr zbytečný, neboť tato jednotka může shromažďovat data sama. Každý z osmi bitů IO<sub>5</sub> řídí jeden analogový spínač ES<sub>1</sub> až ES<sub>8</sub>, které zamezují intermodulaci mezi nástroji a tak zlepšují poměr šum/ticho. Příslušné generátory jsou řízeny přes spínače ES<sub>1</sub> až ES<sub>8</sub>. Použité generátory generují troji signál: tlumené kmitoity na daném kmitočtu, bílý a barevný šum a směs obou. Tlumené kmitoity jsou získávány filtrem dvojité T, který je aktivován řídicím impulsem. Zesílení ve smyčce oscilátorů (H<sub>17</sub> a H<sub>21</sub>) je nastaveno před nasazením oscilací; strmost útlumové křivky je závislá na zesílení. Kmitočet oscilací se mění změnou kapacity kondenzátorů C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> a C<sub>5</sub> u každého oscilátoru. Výstupní napětí se na stejnou úroveň nastavuje R<sub>8</sub> a je u každého generátoru jiné. P<sub>1</sub> můžeme nastavit zesílení a tím i tlumení generovaného tónu. T<sub>2</sub> je zdrojem bílého šumu, který napájí generátor činelů přes C<sub>3</sub> a filtr L<sub>2</sub>, R<sub>25</sub> (zdůrazňuje vyšší kmitočty). Podle řídicího signálu na vstupu článku LC je zvuk činelů delší nebo kratší (malý činel), s jasným úderem s delší nebo kratší dobou dozívání. Zvuk maracas je získán přes stejný filtr, řídicí impuls na vstupu MR je však vytvářen tak, že úder není krátký, nýbrž s dlouhou dobou náběhu, což je typické pro tento nástroj. Pro zvuk kotle je použit oscilátor (určený pro vysoké „bongo“) a šumový filtr. Řídicí impuls SD je vytvářen T<sub>1</sub> a bílý šum je zabarven R<sub>13</sub>, L<sub>1</sub> a C<sub>9</sub>. Tento impuls je přiveden i na vstup HB oscilátoru „vysoké bongo“, dioda D<sub>2</sub> zabarvuje proniknutí impulsu HB na šumový generátor a tím rozeznění kotle. Amplitudu bílého šumu pro filtr nastavujeme P<sub>2</sub>. Amplituda šumů pro kotel je závislá na poloze běžce P<sub>3</sub>. Tlumené kmitoity základních tónů z generátoru jsou smíseny s bílým šumem. P<sub>4</sub> se nastavuje vstupní úroveň zařízení, P<sub>5</sub> ovlivňuje zabarvení zvuku výstupního signálu („tónování“ výšek).

Bez řídicích impulsů zdroj rytmů nepracuje. Délka řídicího impulsu nemá vliv na oscilátory, ale má vliv na generátor šumu, který bude aktivní, pokud bude na řídicím vodiči logická 1. Programem podle tabulky lze nastavit osm klasických rytmů: při tom je pro

každý rytmus v tabulce 16 prvků (dva takty, čtyřčtvrteční takt); jen valz se svým tříčtvrtečním taktém má 6 prvků. Každý prvek A(C) je řídicí informací, jejíž vzorek bitů zapíná jeden nebo několik nástrojů. Řídicí signál bude získán smyčkou FOR/NEXT (E) a jeho trvání určuje tempo. Když chceme změnit rytmus, stačí zmáchnout tlačítko „1“. Program v tabulce platí pro ZX81. Pro jiný počítač pracující v jazyku BASIC lze podobný program sestavit.

### 9.3 Heavy metal generátor pro syntezátor

S tímto generátorem na obr. 90 lze získat zvuky, které se realizují analogovým syntezátorem jen velmi těžko. Dokáže napodobit kovové znějící šumy, jako např. činely u bicích nástrojů. Předpokladem práce generá-



Obr. 90. Heavy metal generátor

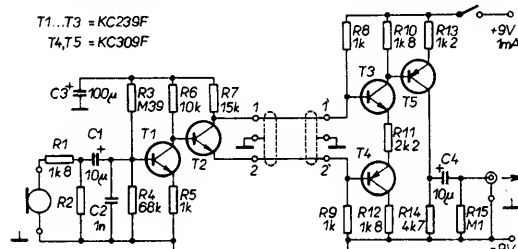
toru je, že syntezátor má čtyři nezávislé napěťově řízené oscilátory (VCO), které lze libovolně naladit, a zdroj obdélníkového signálu. Obdélníkový signál je sčítán hradly EXOR, která reagují podle toho, je-li vstupní úroveň stejná nebo rozdílná. Ze dvou signálů různých kmitočtů vznikne signál nový s odlišným průběhem a jiným kmitočtem. Pokud syntezátor nemá výstupy čtyř VCO, pak každý VCO můžeme nahradit obvodem na obr. 90b, jenž má díky použití rychlých operačních zesilovačů IO<sub>2</sub>, IO<sub>3</sub> kmitočtový rozsah asi do 4 kHz lineární. IO<sub>2</sub> pracuje jako integrátor a IO<sub>3</sub> jako komparátor. Rychlost přepínání, která je předpokladem linearity křivky řídicí napětí-kmitočet, je zvětšena použitím T<sub>1</sub>. Barvu zvuku nastavujeme potenciometry P<sub>1</sub> až P<sub>4</sub>. Linearitu VCO nastavujeme P<sub>5</sub>. Obvod připojíme na výstup klávesnice syntezátoru (KOV), kde se napětí mění exponenciálně a zvětší se zhruba na dvojnásobek na oktávu. Napájecí napětí je symetrické ±9 V a to i pro hradla EXOR.

## 10. Předzesilovače, směšovače a zesilovače

### 10.1 Mikrofonní předzesilovač

Mikrofonní prodlužovací kabely bývají nejčastější příčinou vzniku rušivého brumu. Ztráty signálu v kabelu lze jednoduše kompenzovat mikrofonním předzesilovačem, který však zesiluje jak šum, tak i rušení vzniklá na vedení. Použijeme-li předzesilovač v mikrofonu se sdruženým napájením, lze rušení i šum odstranit, neboť signál je přenášen symetricky, takže zpětným původním signálem je kompenzován brum na vstupu. Hlavní výhodou zapojení na obr. 91 je

lepší poměr signál-šum a účinné potlačení rušení. Jak je zřejmé, je mikrofonní předzesilovač rozdělen na dva bloky A a B. Blok A je spojen s blokem B dvěma stíněnými vodiči, zapojenými mezi body 1,1' a 2,2'. V bloku A je mikrofon a tranzistor T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>. V bloku B jsou tranzistory T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> a T<sub>5</sub>. Tranzistor T<sub>1</sub> zesiluje mikrofonní signál 10×. Jeho zesílení je dáno poměrem R<sub>6</sub>/R<sub>5</sub>. T<sub>2</sub> zesiluje 2× výstupní napětí T<sub>1</sub> a přenáší je na spojovací vedení. Pokud nebudeme brát do úvahy R<sub>7</sub>, je T<sub>2</sub> „ve vzduchu“. Jeho kolektorový a emitorový rezistor (R<sub>8</sub>, R<sub>9</sub>) je v části B. Oba rezistory mají stejný odpor, takže i kolektorové a emitorové napětí musí být stejné (střídavý signál), ašak s opačnou fází, takže se rušivá napětí kompenzují. T<sub>2</sub> je napájen vedením z části B, T<sub>1</sub> je napájen z kolektorového napětí T<sub>2</sub>. Aby na jeho vstup nepronikl střídavý signál, je napájecí napětí pro T<sub>1</sub> filtrováno R<sub>7</sub>, C<sub>3</sub>. Přitom signál na vodiči 1-1' bude menší než na vodiči 2-2'. T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> obrazejí fázi signálu z vedení a sčítají oba signály. Na R<sub>11</sub> vzniká rozdíl obou emitorových napětí. Emitorové napětí na T<sub>3</sub> je o 0,7 V menší nebo větší než napětí na emitoru T<sub>4</sub>. Signál do T<sub>5</sub> je veden z kolektoru T<sub>3</sub>. Střídavé napětí zde odpovídá napětí emitorovému, neboť přes R<sub>10</sub> a R<sub>11</sub> teče stejný proud. T<sub>5</sub> zesiluje signál 4×, zesílený signál je přes horní propust veden na výstup. Mikrofon se ke vstupu T<sub>1</sub> přizpůsobuje na-

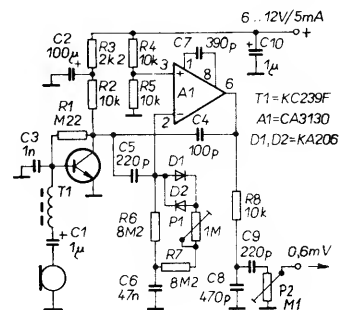


Obr. 91. Mikrofonní předzesilovač

stavením R<sub>2</sub>. V našem případě je vstupní impedance dána R<sub>3</sub>/R<sub>4</sub>. Záporný pól zdroje je propojen z části B do části A přes stínění na vedení.

### 10.2 Mikrofonní signálový procesor

V telefonních, drátových a bezdrátových dispečerských zařízeních musí být mikrofonní signál zesílen v daných mezích, tzn. že do signálové cesty musí být zapojen kompresor nebo omezovač signálu. Kompresor má sice malé zkreslení, ale je to složité zařízení. Omezovač je jednodušší, ale signál zkresluje a nejvíce ruší vzniklé intermodulační zkreslení. Chceme-li omezovač použít jako signálový procesor, musíme hlavně omezit intermodulační zkreslení. Toho lze dosáhnout jednoduše změnou mezního kmitočtu, když tuto změnu budeme řídit signálem. Zapojení takového obvodu je na obr. 92. T<sub>1</sub> je mikrofonní předzesilovač s malým šumem a A<sub>1</sub> je omezovač, P<sub>1</sub> nastavujeme nasazení omezení. Při malém signálu jsou D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub> nevodivé. Mezní kmitočet je určen C<sub>5</sub>



Obr. 92. Mikrofonní procesor

a vstupním odporem omezovače  $A_1$ . Když začnou vést diody, vstupní odpor  $A_1$  se zmenšuje a mezní kmitočet se posouvá směrem nahoru. Nízké kmitočty jsou méně zesilovány a tím se zlepšuje srozumitelnost. Pro hudbu bude  $C_6 = 47 \text{ nF}$ ,  $C_8 = 470 \text{ pF}$ , pro řeč je  $C_4 = 100$  až  $220 \text{ pF}$ ,  $C_6 = 0$  až  $4,7 \text{ nF}$  a  $C_8 = 4,7 \text{ nF}$ .

### 10.3 Přenosný směšovací pult

Při profesionálním použití je na směšovací pult kladena celá řada požadavků, jako je např. požadavek, že pult musí mít symetrické a asymetrické vstupy a výstupy, samostatně nastavitelné výstupy každého kanálu pro efektivní zařízení a monitorovací výstup. Z toho vyplývá, že vstupní citlivost jednotlivých signálů musí být nastavitelná. Aby bylo možné pult rozšiřovat, je sestaven z modulů: vstupní jednotky mono, vstupní jednotky stereo, sluchátkového a monitorovacího modulu (výstupní modul 1), výstupního modulu 2 a napájecího zdroje.

Vstupní jednotka MONO – je to jednotka, která bude převážně použita v pultu. Její vstupní citlivost je nastavována regulátorem zisku v rozsahu 0 až +60 dB. K této jednotce jsou připojovány monofonní zdroje signálu, počínaje mikrofonem a konče klávesnicí. Stejně jako ostatní moduly má i tento modul regulátor pro výstup efektivních zařízení, třípásmový tónový korektor, špičkový indikátor přebuzení, regulátor-monitor, multitrack nebo PFL a panoramatický regulátor. Symetrické vstupy jsou běžné. Asymetrické vstupy pak dostaneme uzemněním jednoho konce symetrického vstupu.

Vstupní jednotka STEREO – je určena pro připojení různých zdrojů signálů. Na vstup tohoto modulu můžeme připojit magnetickou přenosku (MD) nebo pomocný vstup (LINE, když není použit modul MONO), a vstup (Aux) s velkou úrovní přes přepínač. Regulátor vyvážení v poloze LINE pracuje jako panoramatický regulátor.

Monitorovací a sluchátkový modul (výstupní modul 1) obsahuje kompletní stereo-fonní zesilovač pro sluchátka, pomocí něhož lze odposlouchávat signál každého modulu na výstupu LINE, monitor nebo signál PFL před výstupním regulátorem. Oproti druhým modulům má tento modul před tónovým korektorem zapojen parametrický ekvalizér, který je velmi užitečný, má-li monitorovací reproduktor akustickou vazbu s mikrofonem. Na tomto modulu je hlavní regulátor zisku a výstupní konektor pro efektivní kanál.

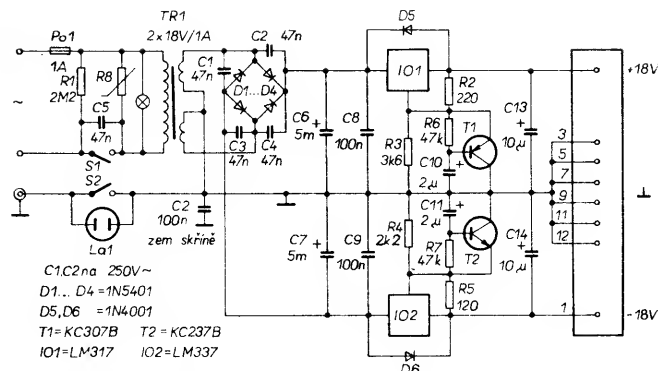
Výstupní modul 2 – kromě tónových korekcí je na něm stereofonní indikátor úrovně s LED (VU-metr). Výstup z modulu je symetrický a asymetrický.

Napájecí zdroj – napájecí napětí pro moduly jsou dvojnásobně stabilizována a to jednak na desce zdroje a jednak u každého modulu. Zapojení prvního zdroje je na obr. 93, který může napájet až 12 modulů.  $IO_1$  a  $T_2$  spolu s obvodem RC zpomalují náběh napájecího napětí, takže při zapnutí se neozve „lupnutí“,  $R_8$  je napětově závislý rezistor, který potlačuje rušení ze sítě. Tento varistor není nutný, avšak v jevištních podmínkách má své opodstatnění, neboť na jevišti může být uzemňování problematické. Spínačem  $S_2$  můžeme oddělit zem sítě od země krytu – pokud není zvolena správně, rozsvítí se doutnavka a vypadnou jističe.

#### Vstupní jednotka MONO

Zapojení této jednotky je na obr. 94.  $A_1$ ,  $A_2$  a  $A_3$  tvoří tzv. přístrojový zesilovač, který ovšem nepoužívá pro symetrický vstup obvyklý symetizační transformátor. Vstup LINE má o 20 dB menší citlivost než vstup MIC. Na pozici  $A_1$ ,  $A_2$  je nutno použít operační zesilovač s malým šumem. Do CSSR se z RSR dováží pro tyto účely OZ BM387.

Obr. 93. Zdroj pro směšovací pult



Rezistory  $R_1$  až  $R_{13}$  jsou typu TR 191 a aby bylo dosaženo dobré soufázovosti, musí mít toleranci 1 %. Regulátor zisku  $P_1$  musí být co nej kvalitnější, aby se nezvětšoval šum a „škrábání“. Jím se reguluje zisk od 10 do 900.  $T_1$  a  $T_2$  tvoří indikátor špiček. Rezistory  $R_{14}$  a  $R_{15}$  jsou nastaveny tak, že mezivřchová prahová úroveň je 9 V (nebo efektivní 3 V), což odpovídá při maximálním zesílení efektivní úrovni 3 mV na vstupu MIC. Paměťový kondenzátor  $C_3$  slouží k tomu, aby bylo zřejmé impulsní přebuzení. Na vazební kondenzátor  $C_4$  jsou připojeny třípásmové korekce – aktivní s  $A_4$ . Regulátor efektu  $P_2$  je samozřejmě připojen před těmito korekcemi.  $P_6$  se nastavuje úroveň na výstupu MONITOR.  $P_7$  (posuvný potenciometr) nastavuje výstupní úroveň z modulu. Aby bylo možné nahrávat na vícestopý magnetofon (multitrack), je  $P_7$  tandemový. Zvolí-li se možnost příposlechu (PFL), odpadá  $C_{12}$ ,  $R_{26}$  a  $P_7$  je jednoduchý potenciometr s.  $A_1$  a  $R_{22}$  jsou umístěny vně.  $P_{7a}$  reguluje výstupní signál a  $P_8$  je panoramatický regulátor.

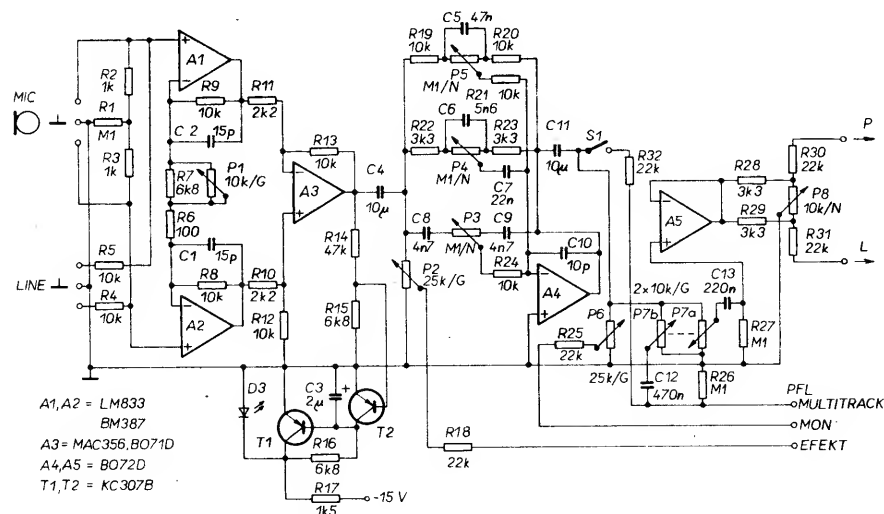
#### Vstupní jednotka STEREO

Vstupní jednotka stereo nemá symetrický vstup. Zapojení jednotky je na obr. 95.  $A_1$ ,  $A_1'$  tvoří korekční zesilovač pro magnetickou přenosku. Spínač  $S_1$  je vstupní spínač. V poloze AUX je vstup přizpůsoben výstupem s velkou úrovní (magnetofon apod.). V poloze LINE je modul přepnut na mono a může sloužit jako náhrada vstupní jednotky MONO, pokud chceme připojit více nástrojů, než je jednotek MONO. Do tohoto vstupu není možné připojit mikrofon. Signál se přivádí nesymetricky jen z pravého kanálu vstupu AUX. Zesílení  $A_2$ ,  $A_2'$  je 3, regulátor zisku je vypuštěn. Z tandemového potenciometru  $P_1$  je odebrán jen monofonní signál pro efekty, avšak daným zapojením je zachována stejná vstupní a výstupní impedance v každé poloze  $P_1$ . Za tónovým korekto-

rem je regulátor monitorovacího signálu ( $P_5$ ), výstupního signálu ( $P_6$ ) a vyvážení ( $P_7$ ).  $P_7$  v poloze LINE spínače  $S_1$  pracuje jako panoramatický regulátor. Se součástkami  $R_9$ ,  $R_{10}$  a  $S_2$  je možnost příposlechu – PFL. Výstup „multitrack“ není u tohoto modulu potřebný, neboť modul STEREO obvykle výstupní signál vícestopého magnetofonu zpracuje. Pokud nepoužíváme vstup MD, můžeme tento zesilovač „linearizovat“ vypuštěním  $C_4$ ,  $C_5$  a nahrazením  $R_4$  a  $R_5$  jedním rezistorem. Kondenzátory  $C_1$  a  $C_1'$  jsou voleny podle zakončovací impedance dané přenosky. Kondenzátory by měly být co nej kvalitnější (styroflex, PET apod.) a rezistory by měly být s kovovou vrstvou (TR 191, MLT-0,25).

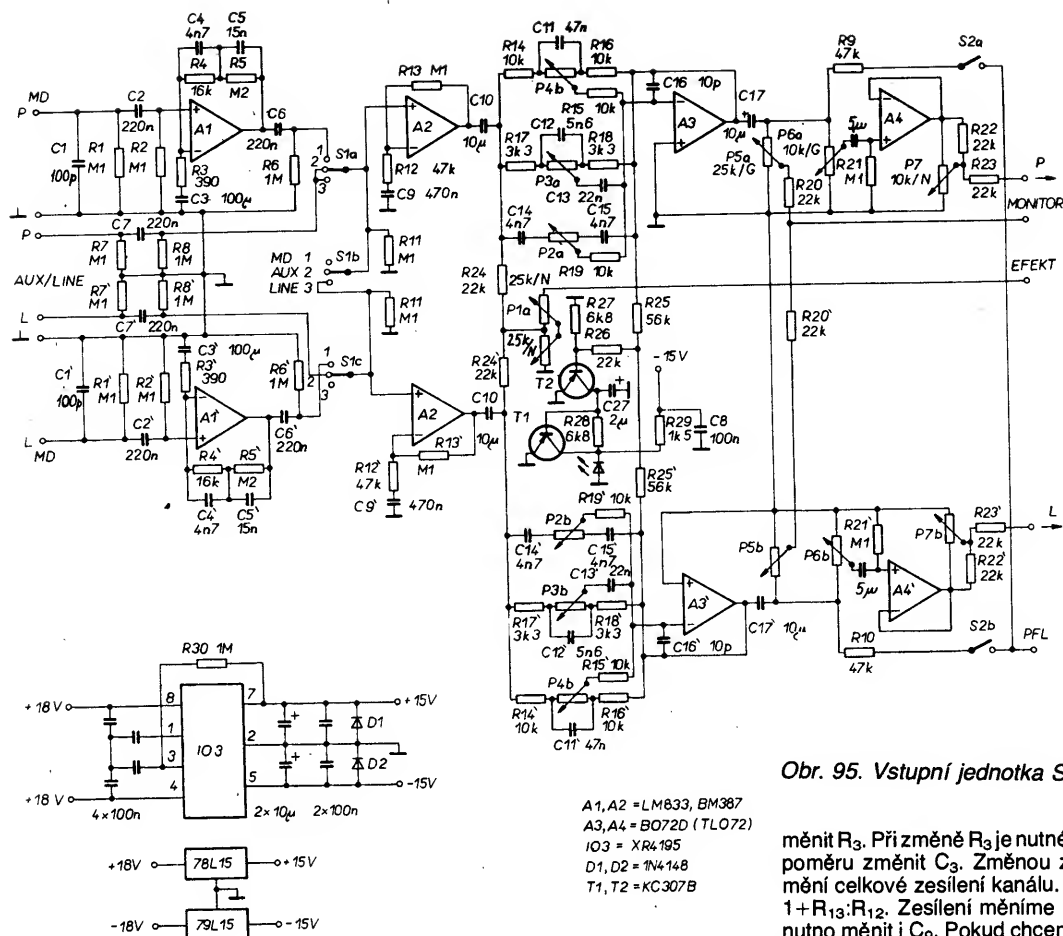
#### Výstupní modul 1 (obr. 96).

Na výstupním modulu 1 je monitorovací zesilovač, efektivní zesilovač a parametrický ekvalizér.  $A_1$  a  $A_1'$  tvoří součtový zesilovač pravého a levého kanálu. Za tímto zesilovačem jsou aktivní tónové korekce s  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  a  $A_2$  a  $A_2'$ . Na jejich výstupu je součtový signál pravého a levého kanálu. Vývody  $H_{P1}$  a  $H_{P2}$  jsou propojeny s výstupním modulem 2, takže výstupní signál LINE můžeme slyšet ve sluchátkách. Přes  $P_4$  je veden součtový signál na vstup „monitor“ ve výstupním modulu 2. Tak je umožněno slyšet jej monofonně ve sluchátkách a vyvádět přes oddělený konektor.  $P_6$  nastavujeme vyvážení mezi součtovými signály pravého a levého kanálu.  $P_5$  je hlavní regulátor, kterým nastavujeme výstupní úroveň signálu LINE. Přes  $S_1$  a rezistory  $R_{19}$  a  $R_{20}$  je výstupní signál LINE zaveden do kanálu PFL. Operačními zesilovači  $A_5$  a  $A_5'$  a diodami  $D_1$  a  $D_1'$  je součtový signál usměrněn, stejnosměrným signálem jsou řízeny VU-metry s  $IO_3$  a  $IO_3'$ . Úroveň 0 dB odpovídá efektivnímu napětí asi 1 V. Z  $P_5$  je součtový signál veden do výstupního zesilovače signálu LINE se zesilovači  $A_3$  a  $A_3'$ . Výstupy označené U jsou nesymetrické.



Obr. 94. Vstupní jednotka MONO





Obr. 95. Vstupní jednotka STEREO

měníť  $R_3$ . Při změně  $R_3$  je nutné v obráceném poměru změnit  $C_3$ . Změnou zesílení  $A_2$  se mění celkové zesílení kanálu. Zesílení  $A_2$  je  $1 + R_{13} : R_{12}$ . Zesílení měníme  $R_{12}$ , přitom je nutno měnit i  $C_9$ . Pokud chceme měnit zesílení  $A_2$  plynule, zapojíme do zpětné vazby potenciometr 100 k $\Omega$ .

Zisk výstupního modulu 1 se zesilovači  $A_1$  a  $A_1'$  je 0 dB a lze jej měnit v rozsahu  $\pm 10$  dB změnou  $R_1$  od 4,7 do 100 k $\Omega$ . Zisk výstupního zesilovače  $A_3$  a  $A_3'$  je 6 dB a můžeme jej měnit  $R_8$ , přičemž musíme změnit i  $C_{10}$ . VU-metr ukazuje úroveň 0 dB při efektivním napětí 1 V na vstupu  $A_5$ . Při změně zesílení  $A_3$  musíme změnit i zesílení  $A_5$  změnou odporu tranzistoru  $R_{17}$ .

#### Výstupní modul

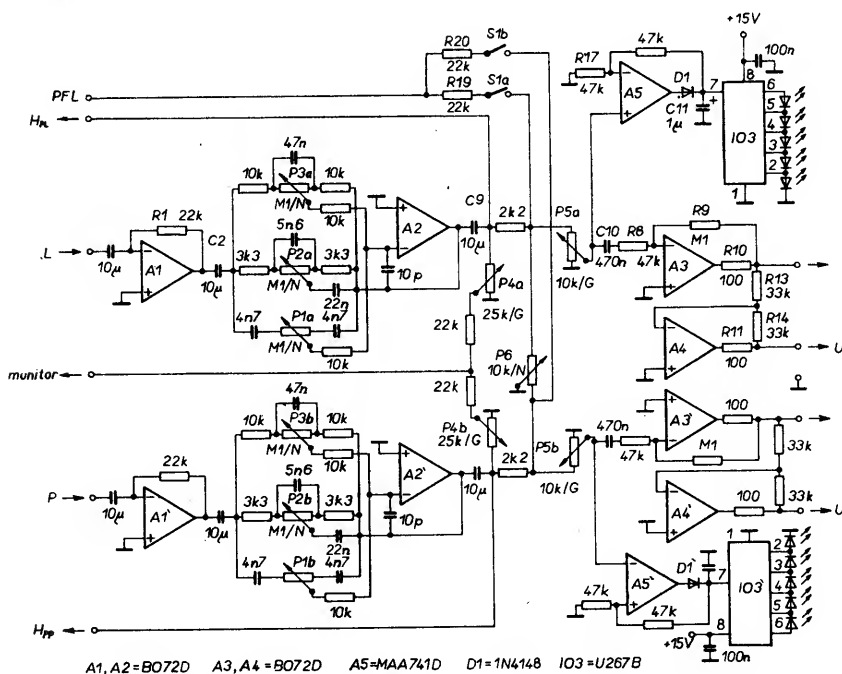
Zapojení výstupního modulu 2 je na obr. 97. Modul tvoří součtový zesilovač efektů, příposlechový zesilovač PFL, monitorovací součtový zesilovač s parametrickým ekvalizérem a sluchátkový zesilovač. Zesilovač efektů  $A_1$  mění svoje zesílení v rozsahu -6 dB až +14 dB potenciometrem  $P_1$ . Proti zkratu na výstupu je chráněn  $R_{30}$ . Zesílení příposlechového zesilovače PFL ( $A_3$ ) můžeme nastavit  $R_{27}$  tak, že výstupní úroveň  $A_3$  bude stejná jako úroveň zesílení  $A_2$  na výstupním modulu 1 ( $H_p$ ). Zesílení monitorovacího zesilovače  $A_2$  nastavíme  $R_3$  tak, aby bylo stejné jako u  $A_3$  a v bodech  $H_p$ . Tím je zajištěno, že při přepnutí signálů na vstup sluchátkového zesilovače se úroveň nezmění. Výstupní signály pro sluchátkový zesilovač jsou přepínány  $S_1$ . Tím je umožněno poslouchat na sluchátka všechny signály ( $H_p$  ve stereu). Zesílení tohoto zesilovače můžeme měnit  $R_{32}$ ,  $R_{34}$  a  $P_5$ . Zesílení  $IO_5$  můžeme měnit  $R_{23}$ ,  $R_{24}$ .

Minimální impedance sluchátek je 8  $\Omega$ . Parametrický ekvalizér  $A_4$  až  $A_7$  mění střední kmitočet  $P_3$  od 50 Hz do 10 kHz, jakost od 2 do 14 dB/oktávu ( $P_2$ ) a zisk od -18 do +2 dB (potenciometrem  $P_4$ ). Výstupní signál ekvalizéru je veden přes oddělovací stupeň  $A_8$  na výstup „monitor“. Výstup  $A_8$  je proti zkratu na výstupu chráněn  $R_{31}$ .

Nákres předních panelů je na obr. 98. Celý směřovací pult je umístěn v hliníkovém kufříku.

ké výstupy tohoto modulu. Symetrické výstupy získáme dodatečnými OZ  $A_4$  a  $A_4'$ . Symetrické výstupní signály jsou odebrány přes  $R_{13}$ ,  $R_{14}$  a  $R_{13}'$ ,  $R_{14}'$ . Aby signály byly stejné, je vhodné použít rezistory s tolerancemi 1 %. Zapojení výstupního modulu 1 je na obr. 96. Na panelu tohoto modulu jsou upevněny zdířky LIN OUT BAL, LIN OUT UNBAL, přepínač  $S_1$  (PFL) a regulátor úrovně  $P_5$ . Potenciometry  $P_1$  (výšky),  $P_2$  (střed),  $P_3$  (hloubky),  $P_4$  (výstupní úroveň monitoru) a  $P_6$  (vyvážení) jsou mezi deskami s plošnými spoji.

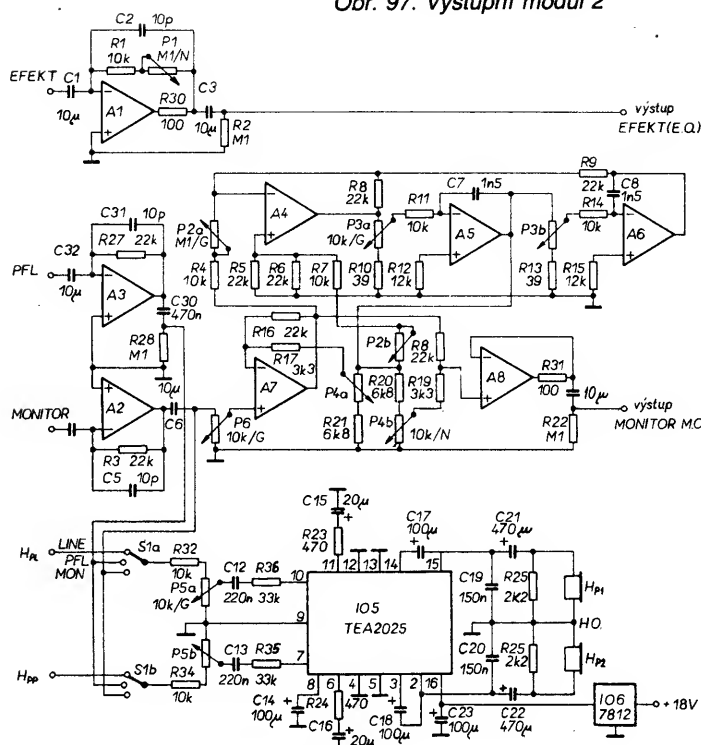
Je známo, že signály přiváděné ke směšovacímu pultu mají různé úrovně, které je nutné „srovnat“ na správnou velikost. Ve vstupní jednotce MONO je zesílení výstupního zesilovače  $A_3$  závislé na poměru:  $R_9 : R_7 // P_1 + R_6$ . Všechny tyto rezistory lze zesílení měnit, když bude platit, že  $R_8 = R_9$  a  $R_{12} : R_{10} = R_{13} : R_{11}$ . Dále můžeme zesílení měnit  $R_{10}$  a  $R_{11}$ , když  $R_{10} = R_{11}$ . Ve vstupní jednotce STEREO je zesílení zesilovače MD 36 dB na 1 kHz a lze jej v určitých mezích



Obr. 96. Výstupní modul 1



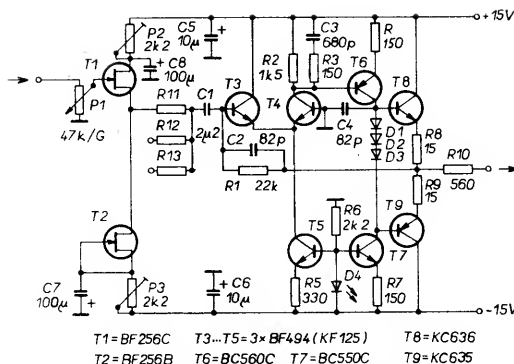
Obr. 97. Výstupní modul 2



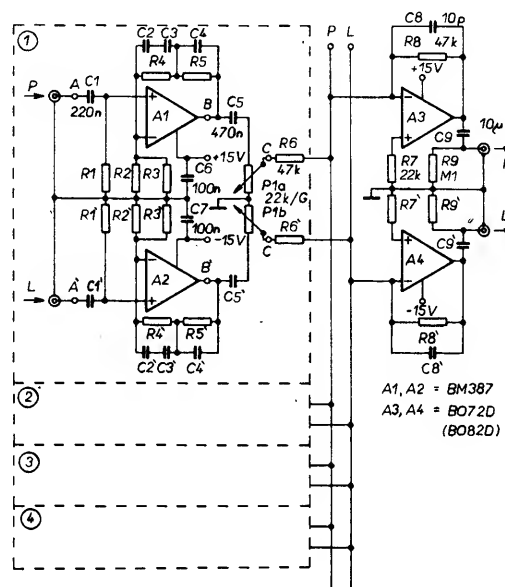
#### 10.4 Směšovací pult s velkou dynamikou

Dobrý směšovací pult má mít velký rozsah dynamiky a co nejmenší šum. U běžných směšovacích pultů se používají obvykle operační zesilovače, které však nejsou schopny zpracovat velký rozsah dynamiky a pokud nejsou použity OZ s malým šumem, můžeme očekávat i zvětšený šum. Problém šumu lze vyřešit použitím oddělovacího stupně s tranzistory  $T_1$ ,  $T_2$  na obr. 99. Vstupní impedance  $T_1$  je v tomto případě zanedbatelná, takže přizpůsobení impedance zdroje signálu je závislé jen na  $P_1$ .  $T_2$  je zapojen jako zdroj proudu, který lze nastavit  $P_2$ ,  $P_3$ . Za oddělovacím stupněm je operační zesilovač, sestavený z tranzistorů  $T_3$  až  $T_9$ . V diferenciálním zesilovači jsou použity v tranzistory, které při velké šířce pásma mají obvykle menší šum než tranzistory nf. Pult má tyto parametry: Kmitočtový rozsah je 10 Hz až

Obr. 99. Směšovací pult s velkou dynamikou



Obr. 99. Směšovací pult s velkou dynamikou



Obr. 100. Směšovací pult pro diskotéku

80 kHz; zesílení při 10 kHz a  $U_{vyst\ mv} = 9\text{ V}$  je 0,05 %; poměr signál-šum při  $U_{vyst\ mv} = 9\text{ V}$  a šířce pásma 20 kHz je 100 dB při 10 oddělovacích stupních; maximální mv výstupní signál je 12 V.

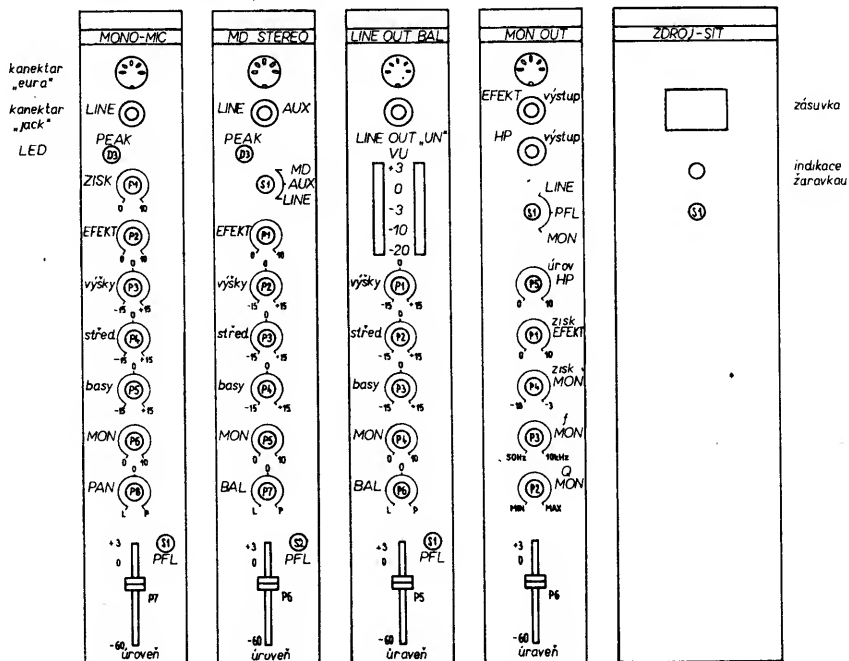
#### 10.5 Směšovací pult pro malou diskotéku

Při dohrání desky má diskžokej plné ruce práce s její výměnou. Aby nebyl narušen

sled hudby a slova, může být jeho velkým pomocníkem směšovací pult na obr. 100, který má čtyři kanály. Na první kanál je připojen trvale gramofon, na druhý magnetofon a na třetí a čtvrtý různé mikrofony nebo zdroje signálu podle volby diskžokeje. Vstupní signál je nejdříve zesílen a přes tahové potenciometry a  $R_6$  přiveden na součtový zesilovač  $A_3$  ( $A_4$ ). Pro  $C_9$  a  $C_1$  mikrofonu s malou impedancí je nutné použít bipolární elektrolytické kondenzátory. Podle toho, který zdroj signálu připojujeme na vstup, je nutné upravit kapacity kondenzátorů  $C_1$  až  $C_4$  a odpory  $R_1$  až  $R_5$ . Pro gramofon s magnetickou přenoskou je:  $C_1 = 220\text{ nF}$ ,  $C_2 = C_3 = 1,5\text{ nF}$ ,  $C_4 = 3,3\text{ nF}$ ,  $R_1 = 47\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = R_3 = 2,2\text{ k}\Omega$ ,  $R_4 = 100\text{ k}\Omega$  a  $R_5 = 1\text{ M}\Omega$ ; pro magnetofon propojíme vstup A s výstupem B; pro mikrofon s velkou impedancí  $C_1 = 470\text{ nF}$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  odpadají,  $C_4 = 10\text{ pF}$ ,  $R_1 = 22\text{ k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{ k}\Omega$ ,  $R_3$  odpadá,  $R_4 = 0$  a  $R_5 = 100\text{ k}\Omega$ ; u mikrofonu s malou impedancí se proti předchozímu mění pouze  $C_1 = 10\text{ }\mu\text{F}$  a  $R_1 = 680\text{ }\Omega$ .

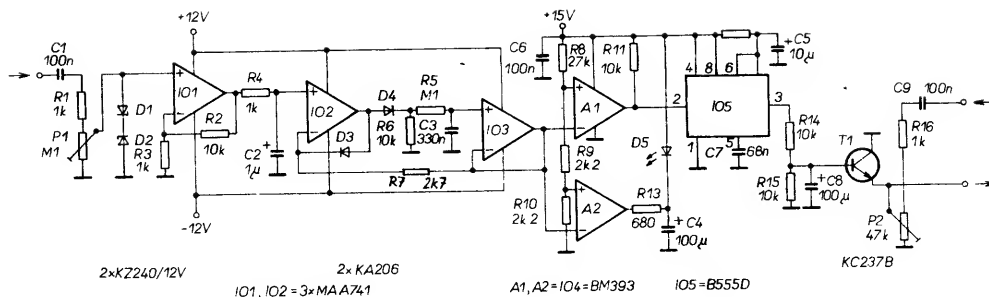
#### 10.6 Omezovač hlasitosti

V určitých případech může posloužit omezovač hlasitosti, který lze vestavět do koncového zesilovače. Jeho účinek je velmi radikální: Bude-li překročena nastavená úroveň, pak omezovač hlasitosti zkratuje vstupní signál na dobu několika sekund. Výstup z výkonového zesilovače připojíme na vstup měřícího zesilovače, tj. na  $C_1$ ,  $P_1$  (obr. 101) nastavíme maximální hlasitost a tím i vstupní úroveň IO. Když však omezovač hlasitosti připojíme na výstup předzesilovače s velkou



Obr. 98. Náčrty panelů směšovacího pultu

Obr. 101. Omezovač hlasitosti



výstupní úrovní, pak můžeme zesílení oddělovacího stupně zvětšit  $10\times$  překlenutím  $R_2$ . Signál je filtrován  $R_4$ ,  $C_2$ , takže omezovač účinkuje jen na nf složky signálu. Za  $IO_1$  je zapojen aktivní jednocestný usměrňovač s  $IO_2$  a  $IO_3$ . Usměrněný signál je porovnáván se dvěma referenčními napětími na vstupech komparátorů  $A_1$  a  $A_2$ . Při překročení první meze se rozsvítí LED  $D_5$ , která indikuje, že bylo dosaženo maximální hlasitosti. Když je výstupní signál koncového zesilovače ještě o 6 dB větší, pak sepne  $A_1$ , který spustí  $IO_5$ . Pak bude vstupní signál pro koncový zesilovač, přiváděný přes  $C_9$ ,  $R_{16}$  a  $P_2$  z předzesilovače do koncového zesilovače zkratován proti zemi  $T_1$ . Tento tranzistor je zapojen „obráceně“, takže jeho odpor ve vodivém stavu bude malý. Aby signál nebyl krátkodobě přerušován, jsou na výstupu  $IO_5$  zapojeny  $R_{14}$ ,  $R_{15}$  a  $C_8$ .

### 10.7 Obvod pro zvýšení srozumitelnosti řeči

Předností dobrého obvodu pro zvýšení srozumitelnosti řeči přenášené mikrofonem je, že převážně zesiluje jen potřebnou část hovorového signálu. To je zapotřebí zejména při velkém hluku pozadí nebo při rušeném bezdrátovém přenosu. Tento obvod je výhodný zejména tam, kde jsou velké reproduktorové vícenásobné soustavy. Jeho nedostatkem je, že zesiluje i šum pozadí během mezer v řeči. Tomu se dá zabránit vestavěním prahového spínače, který připojí obvod při dané úrovni signálu z mikrofonu.

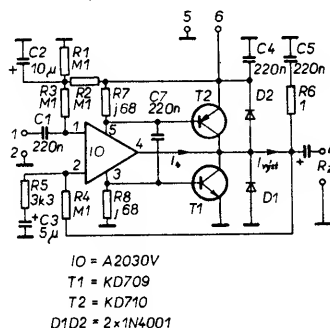
Mikrofonní signál je po zesílení  $T_1$  na obr. 102 přiveden na vstup  $A_1$ .  $T_1$  má malý šum ( $R_1$  je rezistor z kovovou vrstvou). Z výstupu  $A_1$  je signál veden do omezovače  $A_4$  a současně do zesilovače  $A_3$ . Při dané úrovni sepne  $ES_1$ , zapojený jako spouštěvý obvod, a aktivuje monostabilní multivibrátor s  $ES_2$ , který přes  $ES_3$  a  $ES_4$  zvětšuje zesílení  $A_3$ . Při malém signálu je zesílení dáno poměrem  $P_1/R_5$ . Když je sepnut  $ES_4$ , je zesílení určeno poměrem  $P_2 + R_6/R_5$ . Časová konstanta monostabilního multivibrátoru,  $R_{20}$ ,  $C_{19}$ , je volena tak, že během slovního projevu se signál „nerozsekává“. Dolní propust před zesilovačem  $A_2$  omezuje kmitočty nad 3 kHz. Výstupní úroveň je nastavena  $P_3$ . Cívky  $L_1$ ,  $L_4$  jsou navinuty na feritových perlách a každá má 6 závitů.

Obvod nastavujeme takto: Mikrofon postavíme před reproduktor a na rozhlasovém přijímači nastavíme stanici se zprávami. Na výstup obvodu připojíme sluchátka.  $P_4$  otáčíme směrem k  $R_{14}$ ,  $P_2$  nastavíme omezení signálu. Při velkém omezení je srozumitelnost velmi dobrá.  $P_1$  nastavíme směrem k  $ES_4$ . Úroveň je  $P_4$  nastavena tak, aby když zpráva skončí, zmizel i šum pozadí.  $P_1$  nastavíme poměr srozumitelnost-pozadí. Funkce obvodu je indikována  $D_4$ .

### 10.8. Nízkofrekvenční výkonový zesilovač 50 W

Předpokladem pro dosažení nf výkonu 50 W na 4  $\Omega$  u zesilovače hi-fi je špičkový proud 5 A a napájecí napětí větší než 40 V. Protože daného proudu nelze s  $IO$  A2030D dosáhnout, je nutné za něj připojit výkonové tranzistory. U tohoto  $IO$  je při plném výstupním proudu napájecí napětí max. 36 V (je určeno možným ztrátovým výkonem). Omezíme-li výstupní proud na 1 A, můžeme zvětšit napájecí napětí až na 44 V. Zapojení zesilovače 50 W je na obr. 103.

Je-li vstupní signál přiveden na vývod 1  $IO$ , pak podle půlvlny vstupního signálu



Obr. 103. Zesilovač 50 W

teče proud + nebo  $-U_B$  přes rezistory  $R_7/R_8$ , přes vývod 4  $IO$  do zátěže  $R_Z$ . Pokud proud  $I_A$  bude menší než 1 A, úbytek na  $R_7/R_8$  nestačí otevřít tranzistory  $T_1$  a  $T_2$  a tranzistor neteče kolektorový proud. Na výstupu  $IO$  bude mv napětí asi 4 V na 4  $\Omega$ , což odpovídá výkonu asi 2 W. Bude-li  $I_{výst}$  větší než 1 A, oba tranzistory se rychle otevrou a teče jimi kolektorový proud.  $IO$  spolu s tranzistory tvoří pak uzavřenou regulační smyčku a kolektorový výstup je roven  $I_{výst} - I_A$ . Při malém signálu nebo bez vstupního signálu na vstupu  $IO$  neteče tranzistor ani klidový proud, protože jsou uzavřeny. Protože v  $IO$  je obvod pro nastavení klidového proudu  $IO$ , nemůže

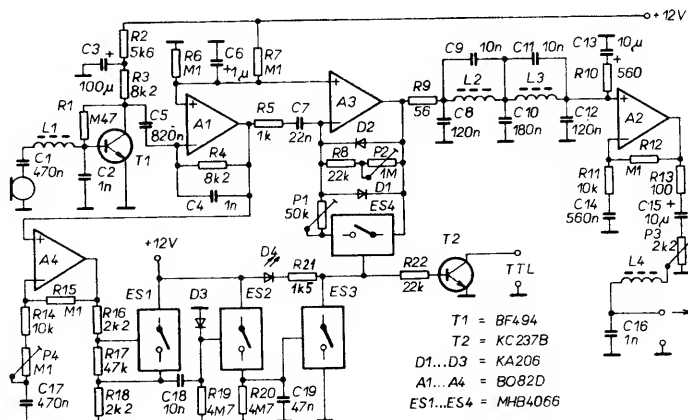
vzniknout přechodové zkreslení. Je třeba ještě upozornit, že obvyklé protizkratové jištění v daném zapojení nefunguje, protože není jištěn kolektorový proud tranzistorů. Tepelná ochrana pracuje však normálně. Tranzistory i  $IO$  musí být na chladiči s tepelným odporem 2 K/W upevněny přes izolační podložky (vzhledem k různým potenciálům na podložce tranzistorů a  $IO$ ). Při použití nestabilizovaného zdroje nesmí napájecí napětí při nezatiženém zdroji přesáhnout 44 V.

**Technické údaje:** Napájecí napětí max. 44 V, zatěžovací odpor min. 4  $\Omega$ , výstupní výkon 50 W (podle napájecího napětí při zatížení), zisk 30 dB ( lze měnit  $R_4$ ), klidový proud 40 mA.

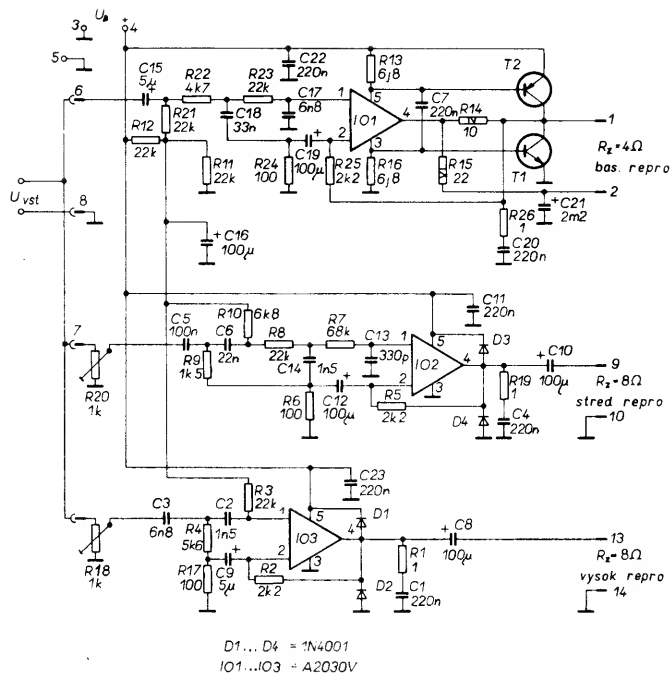
### 10.9 Třípásmová aktivní reproduktorová soustava 70 W

Při návrhu této soustavy se vychází z toho, že převážnou část výkonu spotřebuje basový reproduktor (zde asi 40 W) a zbytek ( $2\times 15$  W) reproduktor středotónový a výškový. Jako kmitočtové výhybky jsou použity filtry RC druhého řádu se strmostí 12 dB/oktávu. Celková charakteristika akustického tlaku je závislá na použitých reproduktorech a jeho velikost můžeme v širokých mezích řídit trimry  $R_{18}$  a  $R_{20}$  na obr. 104. Dělicí kmitočty můžeme měnit změnou kondenzátorů ve filtrech výhybky. Zapojení na obr. 104 používá nesymetrické napájení 36 V max. Protože  $IO$  pracují jako výkonové operační zesilovače, je potřebné na jejich neinvertující vstupy přivést poloviční napájecí napětí z děliče  $R_{11}/R_{12}$  přes  $R_3$ ,  $R_{10}$ ,  $R_{21}$ . Středové napětí je proti rušení blokováno kondenzátorem  $C_{16}$ . Zisk koncových zesilovačů je nastaven na 26 dB rezistory  $R_2$ ,  $R_5$  a  $R_{25}$ . Vstupní efektivní napětí pro vybudění všech zesilovačů je asi 1 V.

Nf signál pro výškový reproduktor je veden přes horní propust 2. řádu tvořenou kondenzátory  $C_2$  a  $C_3$  a rezistory  $R_3$  a  $R_4$ , zapojenou mezi neinvertující a invertující vstup  $A2030D$ . Pro střední kmitočty je použita pás-



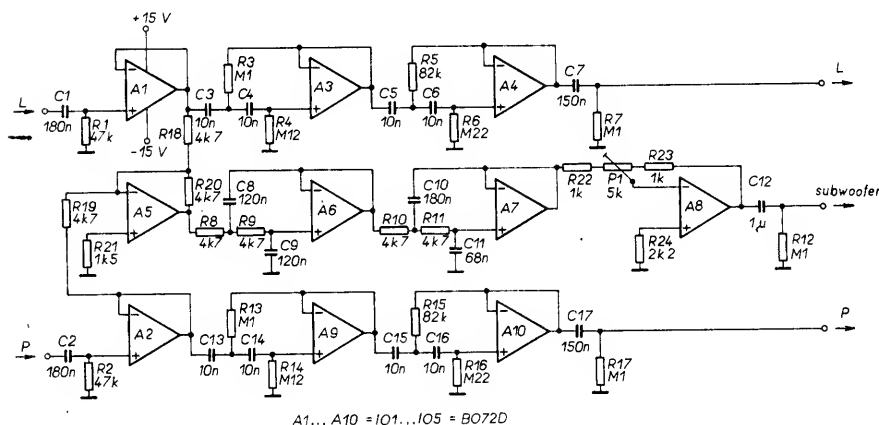
Obr. 102. Obvod pro zlepšení srozumitelnosti řeči



Obr. 104. Zesilovač 70 W pro třípásmovou soustavu

mová propust  $C_6C_{14}C_{13}R_7R_6R_9$  a pro basový reproduktor dolní propust  $R_{22}R_{23}C_{17}C_{18}$ . Vý-

stup IO basového zesilovače není připojen přímo na kolektory výstupních tranzistorů,



Obr. 105. Zapojení obvodu pro subwoofer

## NEZAPOMEŇTE

si zajistit Ročenku AR '88, která vyjde v prosinci 1988 (Ročenka není zahrnuta v předplatném AR a nelze ji ani předem objednat!). Ročenka má 80 stran a stojí 10 Kčs, lze ji zakoupit ve všech prodejnách PNS.

**Z obsahu:**

Návrh cívek s feritovými hrničkovými jádry

Útlumový článek

Koncový nf zesilovač 15 až 30 W

Regulátor nabíjení alternátoru

Oscilátory pro pásmo 10 GHz

Jednoduchý časový spínač

Rozmítač 250 MHz

Dálkové ovládání pro BTVP Oravan

Přehrávače kompaktních disků (CD)

Vícépásmové anténí zesilovače

Tuner POWER TOWER

Zájmová činnost a spotřební elektronika

Rádio a náš rozhlas

Packet radio

Pro úplnost ještě upozorňujeme, že Ročenka mikroelektroniky '89 vyjde na jaře v příštím roce (pravděpodobně v březnu).

**Z obsahu:**  
Teletext na Spectrum  
Spectrum a CP/M  
Televizní displej DIS 84  
Emulátor ATARI serial interfa-

ce

ce

ce

ce

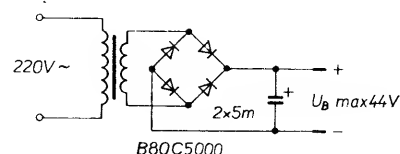
jako tomu bylo u předchozího zesilovače, nýbrž přes dělič napětí  $R_{14}/R_{15}$ , takže jeho zesílení se zmenší asi  $1,5\times$ ; výstupní tranzistory nejsou buzeny až do mezních údajů, čímž je zvětšena jejich spolehlivost. V daném zapojení je na reproduktoru poloviční napájecí napětí a zesilovač basů není odolný proti zkratu na výstupu. Výkonové tranzistory a IO basového zesilovače musí být upevněny izolovaně. Chladič má mít tepelný odpor max. 2 K/W.

### 10.10 Filtř pro subwoofer

Subwoofer je společný kanál, který při stereofonní reprodukci reprodukuje signály s kmitočty nižšími než 200 Hz. To znamená, že při stereofonní reprodukci je jen jeden společný hlubokotónový reproduktor. Na obr. 105 je zapojení aktivní kmitočtové výhybky, která potlačuje o 24 dB na oktávu kmitočty pod 200 Hz k cestě satelitním reproduktorem, tj. středotónovým a vysokotónovým. Naopak v cestě pro subwoofer jsou odfiltrovány kmitočty nad 200 Hz. Signály pravého a levého kanálu jsou oddělovány zesilovači  $A_1$  a  $A_2$ ;  $A_3$ ,  $A_4$  a  $A_9$ ,  $A_{10}$  tvoří horní propusti obou kanálů. Zesilovač  $A_5$  sčítá signál pravého a levého kanálu,  $A_6$  a  $A_7$  tvoří dolní propust a  $A_8$  je výstupní zesilovač pro koncový stupeň subwooferu.  $P_1$  můžeme vyrovnat úroveň mezi subwooferem a satelity.

### 10.11 Zesilovač s výstupním výkonem 200 W

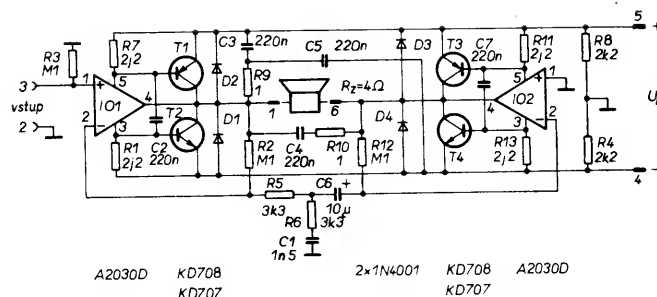
Abychom dosáhli výstupního výkonu zesilovače 200 W do zatěžovací impedance 4  $\Omega$ , museli bychom použít minimálně napájecí napětí 80 V a špičkový proud 10 A. Pokud však jako budiče chceme použít IO A2030D, který má maximální napájecí napětí 44 V, musíme použít dva zesilovače 70 W zapojené do můstku. Podstatná výhoda můstkového zapojení spočívá v tom, že proud zátěží není záporně ovlivňován napájecím proudem, neboť každá větev můstku má vlastní potlačení rušivých signálů. Další přednost vyplývá z následující úvahy: Aby mohly odpadnout vazební elektrolytické kondenzátory, nesmí být na výstupu žádný stejnosměrný potenciál. Je proto nutné použít symetrický napájecí zdroj. V zapojení na obr. 106 je zapojení zdroje bez zemního vývodu, neboť vstup a výstup obvodu mají signál symetrický vůči zemi. V zesilovači na obr. 107 je rezistory, zapojenými mezi napájecí přívody,  $R_4$  a  $R_8$ , vytvořena umělá zem, kterou je simulován symetrický zdroj. Impedance středového bodu je relativně velká, avšak není na závadu, neboť výstupní proud teče přes zátěž, nikoli přes zem. Předpokladem pro bezvadnou funkci zapojení je, že ze zdroje nebudou odebíráni proti signálové zemi žádný stejnosměrný proud. Pokud bychom chtěli z jedné větve symetrického zesilovače napájet další obvody, musíme použít klasický symetrický zdroj se středovým vývodem na transformátoru. Při můstkovém zapojení zesilovače platí, že zesílení první větve zesilovače je  $A = 1 + R_2/R_5$ , neboť kondenzátor  $C_6$  je přes invertující vstup IO<sub>2</sub> uzemňován.



Obr. 106. Zapojení zdroje pro zesilovač

V druhé větvi je buzen invertující vstup protifázovým výstupním signálem a zisk této větve  $A = R_{12}/R_5$ . Celkový zisk je  $A = 1 + R_2/R_5 + R_{12}/R_5 = 36 \text{ dB}$ .  $C_3$ ,  $C_5$  a  $R_9$  je Boucherotův člen první větve a  $C_4$ ,  $R_{10}$  druhé

Obr. 107. Zapojení zesilovače 200 W



větve zesilovače. Obvod  $C_1$ ,  $R_6$  zlepšuje stabilitu zesilovače vůči zámkitům. Stejně jako u předchozího zesilovače není výstup odolný proti zkratu na výstupu, avšak tepelná ochrana zůstává ve funkci. Deska s plošnými spoji zesilovače s rozložením součástek je na obr. 108. Oba IO a výkonové tranzistory jsou od chladiče odizolovány slidovými podložkami. Chladič s tepelným odporem  $1 \text{ K/W}$  je se vstupní zemí spojen v bodě A. Napájecí napětí ani bez vybuzení zesilovače nesmí být větší než  $44 \text{ V}$ , jinak se zničí IO.

Rezistory použité v zesilovači jsou TR 213 nebo MLT-0,25, jako rezistory  $R_9$ ,  $R_{10}$  jsou použity dva rezistory  $2,2 \Omega$ . Kondenzátory  $220 \text{ nF}$  jsou typu TC 215, pro  $C_6$  je použit TE 005 a pro  $C_1$  typ TGL5155. Pokud nemáme tranzistory v plastických pouzdrech, je možné po úpravě plošných spojů použít i tranzistory v kovových pouzdrech.

## KONSTRUKČNÍ ČÁST

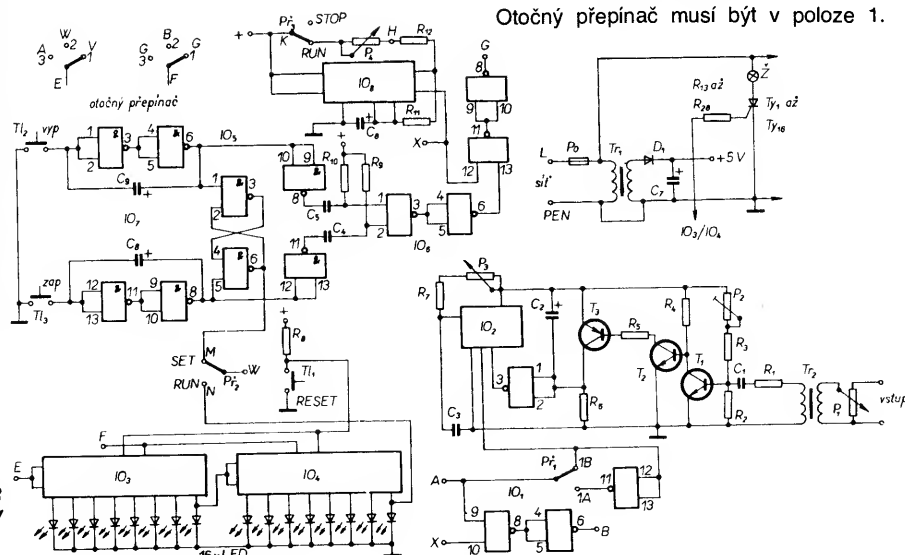
### Programovatelné šestnáctikanálové běžící světlo

Běžící světlo lze programovat podle vašeho zcela individuálního programu. Při programování se nekládou žádné meze fantazii, protože běžící světlo má k dispozici víc než 1 000 000 programových možností. Může být programováno všech šestnáct kanálů. Rychlost běžícího světla je plynule regulovatelná potenciometrem. Mimoto může být běžící světlo řízeno i hudbou, čímž se dosahuje zcela zvláštních efektů. Nemusí být připojeno všech šestnáct kanálů. Schéma zapojení je na obr. 109.

#### Obsluha

#### Šestnáctikanálové běžící světlo bez řízení hudbou

Otočný přepínač musí být v poloze 1.



Obr. 108. Deska s plošnými spoji W218 a rozložení součástek zesilovače 200 W

Obr. 109. Programovatelné 16ti kanálové běžící světlo

Přepínač  $P_2$  je v postavení SET a přepínač  $P_3$  v postavení STOP. Žádná z žárovek by nyní neměla svítit. Svítí-li, stiskněte krátce tlačítko  $T_1$ , RESET. Nyní můžete tlačítka  $T_3$  a  $T_2$  nastavit svůj zcela individuální program pro běžící světlo.

Jestliže stisknete  $T_3$ , rozsvítí se žárovka Ž, při stisknutí  $T_2$  zůstává další žárovka nerozsvícená atd. Celý program se posunuje zleva doprava. Jestliže jste naprogramovali všech 16 žárovek a chcete běžící světlo spustit, nastavte nejdříve spínač  $P_2$  a pak spínač  $P_3$  do polohy RUN (BĚH).

Potenciometrem  $P_4$  může být plynule nastavována rychlost běhu. Tlačítkem RESET,  $T_1$  se může celý program zrušit a běžící světlo se může naprogramovat znovu jinak podle předchozího popisu.

#### Běžící světlo řízené hudbou

Otočný přepínač se nalézá v postavení 2. Odporový trimr  $P_2$  nastavíme na levý doraz. Přepínač  $P_1$  se nalézá v poloze 1 a  $P_3$  v poloze RUN. Jestliže jste spojili vstup IN s výstupem vašeho zesilovače pro reproduktor, měl by se vzor, který jste zadali, zapojovat dále podle taktu hudby. Případně je ještě třeba přizpůsobit regulátor citlivosti hlasitosti hudby. Jestliže dále nastavíme  $P_1$  do polohy A, bude běžící světlo zapojováno v taktu hudby. Rychlost taktu a rychlost běžícího světla se nastavuje potenciometry  $P_3$ , popř.  $P_4$ .

#### Žárovky jsou programovány hudbou

Otočný přepínač je v poloze 3,  $P_2$  a  $P_3$  v poloze RUN. V poloze 1B přepínače  $P_1$  se nyní podle hudby nastavují rozsvícené žárovky, v poloze 1A nesvítící žárovky. Citlivost se nastavuje opět potenciometrem  $P_1$ .

#### Seznam součástek

##### Rezistory (TR 151)

$R_1$	1 k $\Omega$
$R_2$	100 k $\Omega$
$R_3$	27 k $\Omega$
$R_4$	15 k $\Omega$
$R_5$	33 k $\Omega$
$R_6$	270 $\Omega$
$R_7$	10 k $\Omega$
$R_8$	390 $\Omega$
$R_9, R_{10}$	220 $\Omega$
$R_{11}$	5,6 k $\Omega$
$R_{12}$	1,2 k $\Omega$
$R_{13}$ až $R_{28}$	200 $\Omega$

##### Kondenzátory

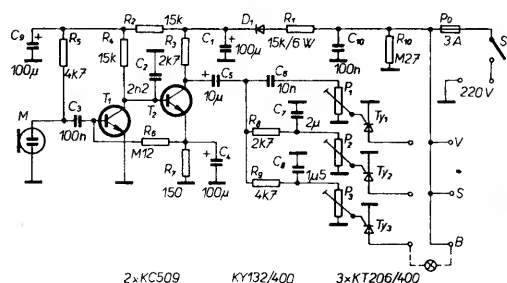
$C_1$	470 nF
$C_2$	10 $\mu$ F
$C_3$	330 nF
$C_4, C_5$	10 nF
$C_6$	1 $\mu$ F
$C_7$	1 mF
$C_8, C_9$	47 nF

##### Potenciometry a odporové trimry

$P_1$	1 k $\Omega$
$P_2$	1 M $\Omega$ , trimr
$P_3, P_4$	1 M $\Omega$

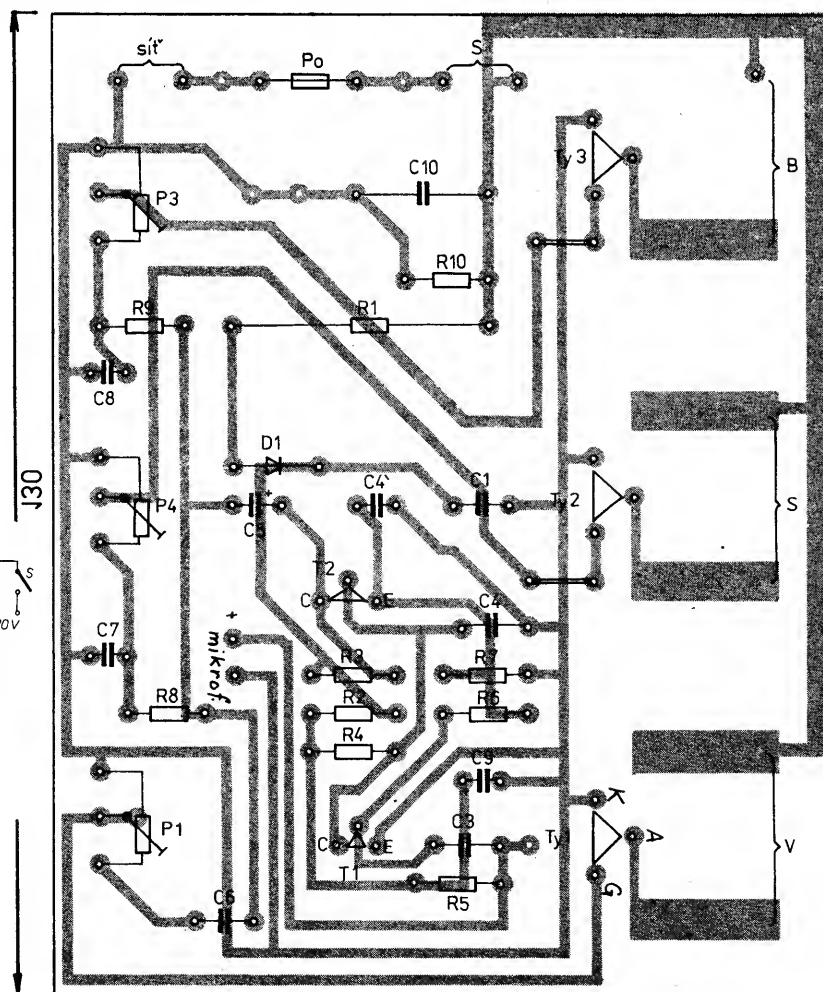
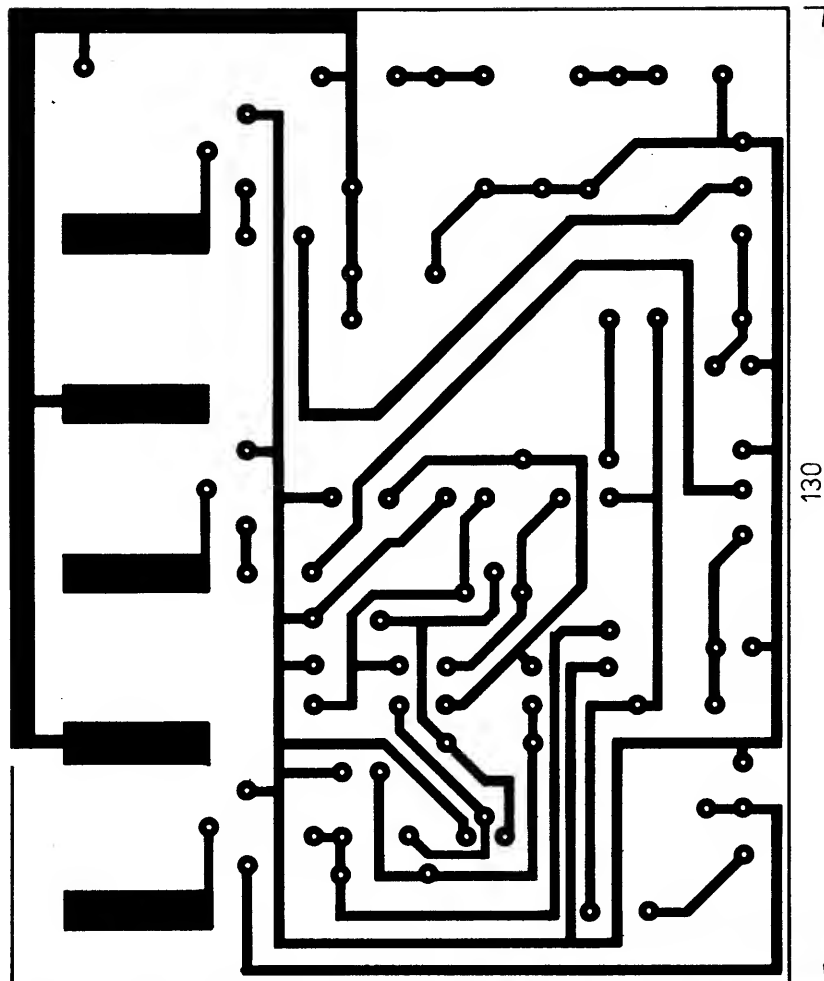
##### Polovodičové součástky

$D_1$	KY132
$T_1, T_2$	KC507 až 509
$T_3$	KF517
$IO_1$	74132
$IO_2$	NE555
$IO_3, IO_4$	74LS164
$IO_5$	
$IO_6$	
$IO_7$	7400
$IO_8$	555

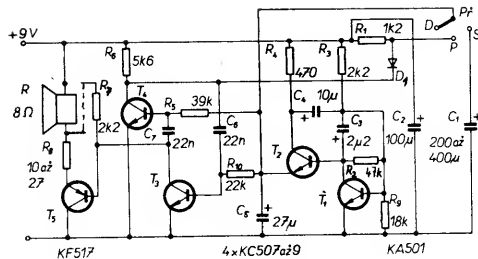


Obr. 110. Barevný doprovod

Obr. 111. Deska s plošnými spoji W219 a rozmístění součástek



Obr. 112. Tříhlasá siréna



Polovodičové součástky

T<sub>1</sub> až T<sub>4</sub> KC507-9

T<sub>5</sub> KF517

D KA501

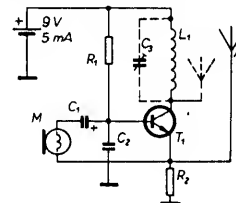
### Bezdrátový mikrofon

Toto jednoduché zařízení na obr. 114 je vlastně oscilátor VKV s minimálním počtem součástek a výkonem několika mW. Jako mikrofon bylo nejprve vyzkoušeno přídavné sluchátko k rozhlasovému přijímači, později mikrofonní vložka z magnetofonu. Zařízení bylo sestaveno jako bezdrátový mikrofon včetně baterie 9 V a antény (asi 30 cm izolovaného drátu). Dosah zařízení je asi 30 m s relativně velkou šířkou pásma a dobrým nř rozsahem.

Využitelnost tohoto a následujících zařízení pro fonoamatéry, lovce zvuku v přírodě, reportéry, v hudebních souborech a všude, kde přivodní nř kabely působí rušivé nebo jsou zranitelné, je zřejmá.

### Popis činnosti

Bezdrátový mikrofon podle obr. 114 je vlastně vř oscilátor s tranzistorem se společnou bází (báze je vř blokována



Obr. 114. Bezdrátový mikrofon

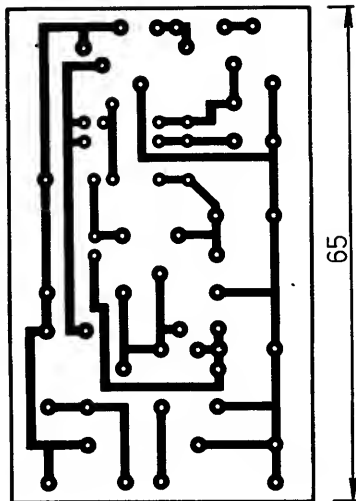
C<sub>2</sub>), rozmítaný nř napětím z mikrofonu. Kmitočet oscilátoru je 110 MHz.

### Seznam součástek

- R<sub>1</sub> vybíráme zkusmo, jeho odpor je nejvhodnější kolem 100 kΩ. Při zvětšování odporu R<sub>1</sub> (zmenšování t<sub>b</sub>) se zvětšuje citlivost, ale zároveň nř nestabilita. Nejlépe je vybrat R<sub>1</sub> těsně před bodem nř rozkmitání.
- R<sub>2</sub> 82 Ω
- C<sub>1</sub> 2,2 μF, TE 133
- C<sub>2</sub> 15 nF, TK 744
- M libovolný, nejlépe dynamický mikrofon. S výhodou lze použít miniaturní elektromagnetické sluchátko. Mikrofon musí být připojen co nejkratšími vývody.
- L vzduchová cívka asi 5 závitů drátu o ø 1 mm CuL, navinuta na průměru 10 mm. Přidáváním (ubíráním) závitů lze oscilátor ladit, měnit kmitočet (případně úpravou rozteče závitů)
- C<sub>3</sub> lze použít k doladění kmitočtu, nebo tehdy, nekmitá-li oscilátor pouze se samostatnou cívkou L (5 pF, trimr).
- A anténu tvoří vř lanko délky asi 30 cm. Lze připojit do kolektoru (větší dosah, menší stabilita kmitočtu) nebo emitoru (menší dosah, větší stabilita kmitočtu).
- T<sub>1</sub> KF524

### Vř oscilátor 110 až 114,5 MHz

V zapojení na obr. 115 se zpětná vazba zavádí do báze T<sub>1</sub> a cívky L<sub>1</sub>. Emitorový rezistor 1,5 kΩ zabezpečuje nastavení pracovního bodu. V zapojení je použita modulace s kapacitní diodou. Použije-li se kondenzátor 1,5 nF paralelně k emitorovému rezistoru, zvětší se výkon. Nestačí-li ke konečnému nastavení kmitočtu jádro cívky, přidá se paralelně kapacitní trimr.



Obr. 113. Deska s plošnými spoji W220 a rozmístění součástek

### Barevný doprovod

Pro oživení hudebního či jiného zvukového doprovodu se nabízí velmi jednoduché a bezpečné zařízení na obr. 110. Princip je známý, neskytá žádné zálučnosti. Nř signál ovládá přes elektretový mikrofon a tvarovací obvod třípásmovou výhybku s nastavovacími prvky. Součástky jsou běžně dostupné – i finančně dostupné. Celé zařízení je vhodné vestavět do nekovových skříněk včetně barevných žárovek jako moduly stejného tvaru. Nastavovací prvky je možno vyvést vně skřínky. V provozu je zařízení relativně bezpečné, i když neobsahuje oddělovací napájecí transformátor, protože není již dále spojeno elektricky se zdrojem signálu. Jen opatrnost při ožívování je nutná!

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek barevného doprovodu je na obr. 111.

### Seznam součástek

Rezistory (TR 151)

R <sub>1</sub>	TR 510,	TE 004
	15 kΩ	
R <sub>2</sub> , R <sub>4</sub>	15 kΩ	C <sub>6</sub> 10 nF,
R <sub>3</sub> , R <sub>8</sub>	2,7 kΩ	TC 280
R <sub>5</sub> , R <sub>9</sub>	4,7 kΩ	C <sub>7</sub> 2 μF,
R <sub>6</sub>	120 kΩ	TE 003
R <sub>7</sub>	150 Ω	C <sub>8</sub> 1,5 μF,
R <sub>10</sub>	270 kΩ	TE 005

Kondenzátory

C <sub>1</sub>	100 μF,	TE 004
	TE 006	
C <sub>2</sub>	2,2 nF,	C <sub>10</sub> 100 nF,
	TK 744	TC 218
C <sub>3</sub>	100 nF,	
	TC 215	
C <sub>4</sub>	100 μF,	
	TE 005	
C <sub>5</sub>	10 μF,	

Polovodičové součástky

D <sub>1</sub>	KY132/400
T <sub>1</sub>	KC509
T <sub>2</sub>	KC509
Ty <sub>1</sub> až Ty <sub>3</sub>	KT206/400

### Tříhlasá siréna

Velmi stručně popíšeme zařízení na obr. 112. Siréna prakticky imituje signál 1) požárního vozu, 2) sanitní ambulance, 3) dopravní Bezpečnosti. Využití je zřejmé, např. doplnění scény nebo nahrávky potřebným signálem, ale i jako hračka (viz 1. strana obálky).

Chci však upozornit, že nejen kouření a jiné neduhy civilizace škodí zdraví, ale hluk bezúčelně vytvářený a společenské vztahy narušující je zákonem postižitelný! Jak je zřejmé ze schématu, jedná se o multivibrátor tvořený tranzistory T<sub>3</sub> a T<sub>4</sub> a kondenzátory C<sub>6</sub> a C<sub>7</sub>, vytvářejícími základní kmitočet. T<sub>5</sub> již pracuje jako nř stupeň. Tranzistory T<sub>1</sub> a T<sub>2</sub> tento multivibrátor spouštějí. Délka periody je dána kapacitou kondenzátoru C<sub>5</sub>. Celkový náběh pak odpovídá kapacitě kondenzátorů C<sub>1</sub> a C<sub>2</sub>. Pro signál S (sanitní) je rozhodující kapacita kondenzátoru C<sub>1</sub>. Dioda D<sub>1</sub> blokuje střídavou složku pro náběh signálu P (požární vůz).

Deska s plošnými spoji a rozložení součástek tříhlasé sirény je uvedeno na obr. 113.

### Seznam součástek

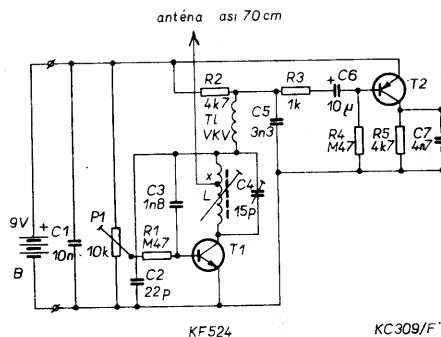
Rezistory (TR 151)

R <sub>1</sub>	1,2 kΩ	C <sub>2</sub>	100 μF,
R <sub>2</sub>	47 kΩ		TE 003
R <sub>3</sub> , R <sub>7</sub>	2,2 kΩ	C <sub>3</sub>	2,2 μF,
R <sub>4</sub>	470 Ω		TE 133
R <sub>5</sub>	39 kΩ	C <sub>4</sub>	10 μF,
R <sub>6</sub>	5,6 kΩ		TE 981
R <sub>8</sub>	10 až 27 Ω	C <sub>5</sub>	20 až 30 μF,
R <sub>9</sub>	18 kΩ		TE 981
R <sub>10</sub>	22 kΩ	C <sub>6</sub> , C <sub>7</sub>	22 nF,
			TK 744

Kondenzátory

C <sub>1</sub>	200 až 470 μF,
	TE 002





Obr. 117. Monitor VKV

C<sub>4</sub> 22 pF, TK 744  
D<sub>1</sub> KB205  
T<sub>1</sub> KF521  
M krystalový mikrofon

cívka vinutá na průměru 5 mm postříbeným drátem o  $\phi$  0,8 mm. Počet závitů 7.  
x ... 1,5 závitů od konce, y ... 0,5 závitů od konce

Upozorňujeme velmi důrazně na platné předpisy ohledně používání vysílacích zařízení, tzn. také bezdrátových mikrofonů (kmitočet, výkon, povolení k provozu atd.).

### Monitor VKV

Pro příjem signálů z bezdrátových mikrofonů pracujících na kmitočtech v oblasti VKV, popisovaných v předchozích odstavcích, slouží monitor VKV. Schéma zapojení monitoru s diskretními součástkami je na obr. 117. Uváděné zapojení se vyznačuje při malém počtu součástek velkou citlivostí a relativně dobrou selektivitou. Na výstup monitoru jsou v našem případě připojena sluchátka 2 k $\Omega$ , signál však můžeme odvádět i k dalšímu zpracování.

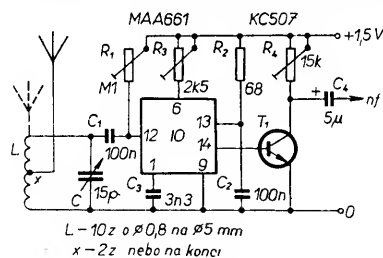
### Seznam součástek

R <sub>1</sub> , R <sub>4</sub> 470 k $\Omega$	C <sub>3</sub> 1,8 nF
R <sub>2</sub> 4,7 k $\Omega$	C <sub>4</sub> trimr 15 pF
R <sub>3</sub> 1 k $\Omega$	C <sub>5</sub> 3,3 nF
R <sub>5</sub> 4,7 k $\Omega$	C <sub>6</sub> 10 $\mu$ F
P <sub>1</sub> trimr 10 k $\Omega$	C <sub>7</sub> 4,7 nF
C <sub>1</sub> 10 nF	C <sub>8</sub> 10 $\mu$ F
C <sub>2</sub> 22 pF	T <sub>1</sub> KF524
	T <sub>2</sub> KC309

L cívka vinutá na  $\phi$  5 mm postříbeným drátem o  $\phi$  0,8 mm; počet závitů je 7.  
x ... 1 až 2 závitů od konce

### Monitor VKV s IO

Další možná varianta monitoru je s použitím IO MAA661. Zapojení na obr. 118 bylo publikováno v AR B5/85.



Obr. 118. Monitor VKV s IO

Existují samozřejmě i další jednodušší i složitější přijímače. Pro tyto účely lze použít pochopitelně i sériový přijímač VKV naladěný na daný kmitočet.

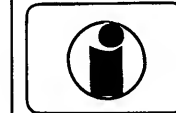
### Seznam součástek

R <sub>1</sub> trimr 100 k $\Omega$
R <sub>2</sub> 2,5 k $\Omega$
R <sub>3</sub> 68 $\Omega$
R <sub>4</sub> 15 k $\Omega$
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> 100 nF
C <sub>3</sub> 3,3 nF
C <sub>4</sub> 5 $\mu$ F
C 15 pF, trimr
T <sub>1</sub> KC507
IO MAA661
L cívka 10 závitů drátu o $\phi$ 0,8 mm na $\phi$ 5 mm. x ... 2 závitů na konci cívky

### Literatura

- [1] Boleslav, A.: Reproduktoři a ozvučnice. SNTL: Praha 1960.
- [2] Boleslav, A.: Elektroakustická a elektromechanická měření. SNTL: Praha 1961.
- [3] Boleslav, A.: Mikrofony a přenosky. SNTL: Praha 1962.
- [4] Boleslav, A.; Jončev, M.: Reproduktoři a reproduktorové soustavy. AR B2/1984.
- [5] Jončev, M.: Reproduktoři soustav. AR B4/1984.
- [6] Bárta, J.; Jončev, M.: Reprodukce stereofonního signálu. AR B6/1986.
- [7] Merhaut, J. a kol.: Příručka elektroakustiky. SNTL: Praha 1964.
- [8] Merhaut, J.: Teoretické základy elektroakustiky. Academia: Praha 1976.
- [9] Smetana, C. a kol.: Praktická elektroakustika. SNTL: Praha 1981.
- [10] Svoboda, L.; Štefan, M.: Reproduktoři a reproduktorové soustavy. SNTL: Praha 1983.
- [11] Svoboda, J.; Brda, J.: Elektroakustika do kapsy. SNTL: Praha 1978.
- [12] Salava, T.: Elektroakustická a elektromechanická měření. SNTL: Praha 1979.
- [13] Firemní literatura AKG, Shure, Celestion, Fane, McKenzie, TESLA.
- [14] Smetana, C.: Ozvučování. SNTL: Praha 1987.

## INZERCE



Inzerce přijímá osobně a poštou Vydavatelství Naše vojsko, inzertní oddělení (inzerce ARB), Vladislavova 26, 113 66 Praha 1, tel. 26 06 51—9, linka 294. Uzávěrka tohoto čísla byla dne 8. 8. 1988, do kdy jsme museli obdržet úhradu za inzerát. Neopomeňte uvést prodejní cenu, jinak inzerát neuveřejníme. Text inzerátu pište čitelně, aby se předešlo chybám vznikajícím z nečitelnosti předlohy.

## PRODEJ

Krystal 1 MHz, EPROM 27128, 2764 (300, 500, 450), 555, BFR90, 91, 96 (35, 65, 65, 70), mgt B-116 100% stav + pásky Maxell nahanané — seznam (3000, a 190), přijímač Leningrad 001 — všechny vln. rozsahy (400), regulátor napětí 180—260/220 V (150), ant. zes. sestavu TESA — S: zdroj, DV—KV, VKV, K6, K9 (400), koupím kvalitní konvertor OIRT/CCIR, Atari 800XE + XC12. J. Mazánek, Přístavní 33, 635 00 Brno

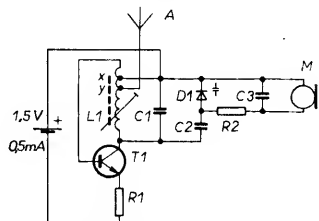
Rotující zrcadlový válec s osvětlením kompaktní (2800), 2 ks konc. světelné stupně (a 4000) + ovladač s pěti prog. mož. napojit na comp. (7000), rozvaděč 380—200/50 Hz (4500) vše RACK 18". Možná výměna za tovární stroboskopy a zař. na výř. umělého dýmu. R. Kařka, Bachmačská 700, 280 00 Kolín II.

Tov. komb. přístroj Sura — osc. + gen. + zdroj (3200), krystal 200 kHz (200), zesilovač VKV — CCIR, OIRT, G > 20 dB (180), IFK120 (70), elektronky OS70/1750 (30), OS 125/2000 (50), PV200/600 (20), PV200/1000 (20). B. Novák, Lesní 264/35, 733 01 Karviná I.

BFQ74 (600), BFQ69 (300), NE564 (180), MC1350 (90), ICL 7660 (60), LM1889 (150), TCA240 (120), CA3189 (80), LM 334 (50), LM336 (60), LF351 (40), LF356 (60), FND357 (60), TL084 (75), TL441 (60), 74C926 (300), MK5009 (200), MM5316 (150), ICM7038 (80), XR2240 (50), J. Drozd, Marxova 480, 290 01 Poděbrady.

TMP8085AP (190), RC4136, CA3080 (a 70, 60), NE564, 542 (a 120, 120), BF960, 961, 479T (a 50, 50, 40), BD139, BD140, BU806 (a 30, 30, 80), SFE 6,5 Murata (a 50), ekv. 10137 (a 180), TP238/2x 50k/N (10 ks — 90), TP238/2x 50/G (10 ks — 90), J. Albert, Záhradnická 40, 986 01 Filákov.

Stává se, že „specialisté“ nastaví přijímač na harmonický kmitočet, na kterém je vysílána pouze nepatrná část energie. Pak nelze být překvapen, že



Obr. 115. Vf oscilátor 110 až 114,5 MHz pouhých 5 m od oscilátoru není možný příjem, ačkoli při naladění na správný kmitočet pracuje vf oscilátor až na vzdálenost 200 m. Proto je při nastavení třeba nějakým dostupným způsobem kontrolovat kmitočet obvodu oscilátoru (na přijímači VKV apod.).

### Seznam součástek

R <sub>1</sub> 1,5 k $\Omega$ , TR 151	C <sub>2</sub> 22 pF, TC 281
R <sub>2</sub> 150 k $\Omega$ , TR 151	C <sub>3</sub> 1 nF, TK 744
C <sub>1</sub> 10 pF, TC 281	D <sub>1</sub> KB205
M krystalový mikrofon	T <sub>1</sub> KF524
L <sub>1</sub> cívka vinutá na průměru 5 mm postříbeným drátem o $\phi$ 0,8 mm. Počet závitů je 7. x ... 2,5 závitů od konce; y ... 3,5 závitů od konce cívky	
A anténa — drát délky asi 30 cm	

### Vf oscilátor s tranzistorem MOS

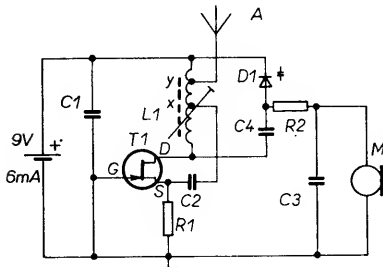
Zapojení na obr. 116 nepřináší nic zcela nového. Při tomto typu oscilátoru je hradlo G uzemněno. Toto zapojení v elektronkové technice odpovídá zapojení s uzemněnou mřížkou.

Téměř všechna zapojení oscilátoru s elektronkou jsou použitelná pro tranzistory řízené polem. Zpětná vazba v tomto zapojení je z odbočky x na vývod emitoru (source).

Způsob modulace je stejný jako v předchozím zapojení. S konvenčním zapojením se dosahuje výkonu 10 až 20 mW.

### Seznam součástek

R <sub>1</sub> 270 $\Omega$ , TR 151
R <sub>2</sub> 150 k $\Omega$ , TR 151
C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub> , C <sub>3</sub> 560 pF, TK 744



Obr. 116. Vf oscilátor

## NOVÉ PRACOVISTĚ RESORTU SPOJŮ

pro údržbu a vývoj SW telekomunikačních zařízení nasazovaných v čs. jednotné telekomunikační síti

přijme zájemce o práci v oborech:

- programování spojovacích a dohledových SPC systémů
- programování a provoz podpůrných a testovacích prostředků údržby SW
- školení a tvorbu kursů pro SPC technologii.

Informace osobně,  
písemně i telefonicky  
na č. tel. 27 28 53, 714 25 79

Praxe v oboru programování (mini a mikropočítače) vítána. Plat zařízení podle ZEUMS II.  
Pro mimopražské pracovníky zajistíme ubytování.

MEZINÁRODNÍ A MEZIMĚSTSKÁ  
TELEFONNÍ A TELEGRAFNÍ ÚSTŘEDNA  
V PRAZE 3,  
OLŠANSKÁ 6

Člvek. deck Unjtra M2408SD Hi-fi (2000) + pásky, tuner TESLA 3603A (2800), zesil. TEXAN 2x 25 W (1500), 2 reprosoust. 50 W (1600), gramo Lenco B55 (1800). Ing. Z. Kubásek, Třebová 407, 562 03 Ústí n. O.

Stabilizovaný zdroj 0–30 V, 2 A s měřidlem (650). B. hudba 4x 150 W (400), předzesil. pro mgdyn. přenosku (300). A. Šálek, Zelená 2, 779 00 Olomouc.

Ant. zes. TV-I 20 dB/1,5 dB, VKV—OIRT, CCIR 20 dB/2 dB (à 180), TV-III 30–40 dB/2 (à 260), TVIV-V 25 dB/2,5 dB (300), BFR90, 91 (70). M. Sládek, U elektr. 352, 288 02 Nymburk.

Kvalitní reproduktory Grundik 45/65W, 4–8 Ω, 20–20 000 Hz, 50 x 30 x 20 cm, nepoužité, nepoškozené (3500), stavba. M. Brožek, Jamenská 409, 561 64 Jablonné n. O.

Přepínače TS211 BCD (à 30), Intel 8279 (250), Hi-fi stereo sluch. NSR (190), osciloskop BM370 (900). J. Slávik, M. Sch. Trnavského 18, 841 01 Bratislava.

IO 2206CP (250). V. Motýčka, Hurbanova 12, 921 01 Piešťany.

Prodám nebo vyměním BFG65, — Q69, T66 (160), BFR90, 91 (60), 90A, 91A (70, 75), 96 (80), BF961, 981 (45, 55). Pouze Ph., Tel., Motorola. F. Hudek, Pod Sychrovem 27, 101 00 Praha 10.

Svět. had 220/4x 1 kW reg. rychl. a smer + 7 m hadica s 36 žiarov. (480), konc. zos. 2x 15 W/4 Ω (550). M. Matyasovská, Sídl. Dunaj V/5 č. 4, 943 01 Štúrovo.

Novou mechaniku stereokaz. magnetofon SM-1 + osazenou desku tiš. spojů (1000). F. Zeman, Sportovní 10, 101 00 Praha 10.

Mgt ZK246, B400 (2000, 400), pásky Basf ø 15 (90). M. Zahradníček, Galašova 1739, 753 01 Hranice.

Overdrive s MAA741CN — bez obalu, len elektr. časť (200). J. Volkomer ml., Komsomolská 24, 960 01 Zvolen.

Měř. přístroj PU501 V, A, Ω nový v záruce (900). Mám dva. M. Holubec, Hradsko 191, 512 43 Jablonec n. J.

## KOUPĚ

Pár občanských radiostanic nejraději FM a datarekordér k Atari. P. Lávička, ČSSP 1020, 293 01 Ml. Boleslav.

Video hry na pevných kazetách do přístrojů Schmid TVG2000 nebo Tele-Fever. L. Novotný, Nádražní 360, 261 01 Příbram IV.

ZX Spectrum +, český manuál, interface, ovládací i jednotlivé. Ing. M. Tesař, Valtická 17/49, 628 00 Brno.

ZX Spectrum nebo Atari do 5000 Kčs. R. Holécý, Hájkova 2191, 438 01 Zatec.

Konvertor VKV + zesilovač. Uvedte cenu. Z. Vaňo, 951 74 Žirany 316.

Joystick — na Atari XE/XL. Kvalitní. I. Myšík, Tomanova 2143, 440 01 Louny.

Fungující LED displej ke kalkulačce Qualimat 3. J. Šimek, Sychrov 71, 755 01 Vsetín.

Vše k ZX81, včetně příd. paměti i amat. vyrobené. P. Walachová, Třanovice 157, 739 93 Hnojník 3.

## VÝMĚNA

Osciloskop H313 nepoužívaný s českým překladem za perfektní absorpční vinoměr 4,5 až 300 MHz s velkou citlivostí (dle AR11/1984). Koupím krystal 27,120 MHz, měřidlo MP 80/100 μA, hrničková jádra ø 14–22 mm, pár občanských radiostanic za rozumnou cenu. J. Dalík, K. Čapka 104/10, 357 09 Habartov.

## RŮZNÉ

Kdo upraví videorekordér VHS Pal/DDR Secam na Pal/ČSSR Secam? P. Uhnák, Cintulova 2, 831 02 Bratislava.

Parabolickou anténu o ø 160 a 100 cm včetně doplňků pro automatické natáčení zhotovím na zakázku. Vysoká kvalita, estetický vzhled, roční záruka a velmi nízká cena jsou zárukou Vaší spokojenosti. Zájemcům poskytnu i další informace. Povoleno. P. Winterstein, Pasteurova 9/411, 703 00 Ostrava-Vítkovice.

Hledám schopného programátora, konstruktéra, který by mi pomohl naprogramovat a napojit počítač na řízení světelného parku. Finanční odměna. R. Kafka, Bachmačská 700, 280 00 Kolín II.

### COMMODORE KLUB C=16, 116, PLUS/4

v Plzni  
pořádá 19. 11. 1988  
setkání uživatelů.

Informace:

Ing. P. Brunclík, Chválenická  
19, 317 05 Píseň

### KOUPÍME

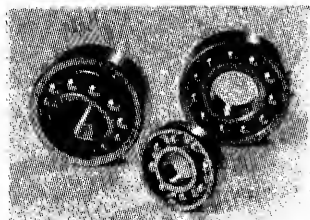
osobní mikropočítač Commo-  
dore +4 nebo Commodore 128  
nebo Commodore 128D a tis-  
kárnou Commodore MPS 1250  
i jednotlivě.

Závodní klub ROH Metra Blansko  
Svitavská 15, 678 01 Blansko,  
telefon 2545

ZAKOUPÍME I OD OBČANŮ  
větší počet mikropočítačů  
SHARP MZ-800, 821 za původ-  
ní cenu. Stáří ani stav nerozho-  
duje.

SPĚCHÁI

ZO Svazarmu 405, Na Nivách  
20, 141 00 Praha 4



## ZVL Praha — koncernový podnik

109 05 Praha 10, Ke Kablu 193

přijme

pracovníky strojírenských profesí (nástrojaře, brusíče, strojní mechaniky, seřizovače, opraváře strojů, rytce kovů atd.)  
a dále ženy na brusírně, montáž a kontrolu — OTK.

Nevyučené zaškolíme.

Podnik nabízí zvyšování kvalifikace, možnost získání družstevně stabili-  
začního bytu, rekreaci ve vlastních rekreačních zařízeních i výměnnou  
zahraniční rekreaci, preferenční příplatek u strojních profesí apod.  
Získáte zajímavé a perspektivní zaměstnání, s uplatněním elektronizace  
v řízení technologických procesů při výrobě ložisek.

Bližší informace vám podá písemně i telefonicky osobní oddělení podniku  
— telefon 70 14 21 linka 294.